

# UNIVERSIDADE DO PORTO

## Faculdade de Engenharia

### **Gestão e organização da manutenção, de equipamento de conservação e manutenção de infra-estruturas ferroviárias**

Filipe Manuel Correia Filipe

Tese submetida com vista à obtenção do grau de Mestre  
em Manutenção Industrial sob a supervisão do Professor Doutor Luís  
Andrade Ferreira e Professor José Augusto Sobral

Porto, 2006

Dedico a meu filho e meus pais,

## Resumo

De alguns anos a esta parte, a Manutenção tem-se posicionado como uma das funções de maior potencial para a rentabilização da actividade das empresas. Tal facto não é independente das evoluções tecnológicas, que visam sobretudo implementar processos de previsão da condição dos equipamentos, tendo como objectivo obter melhorias de manutibilidade e fiabilidade, no seu contexto operacional. Estes processos, ao incrementarem a disponibilidade dos equipamentos, vão ao encontro das expectativas criadas na aquisição dos mesmos – otimizar a sua produção nas vertentes quantitativa, qualitativa e temporal.

No entanto, os processos de previsão da condição não são passíveis de aplicação a todos os equipamentos, face à vasta gama de tecnologias utilizadas. Nestas situações é dever da função Manutenção executar acções preventivas, no intuito de garantir que os equipamentos estejam disponíveis quando necessário. Foi com base nesta preocupação que foi elaborada uma Análise de Modos de Falha, Efeitos e sua Criticidade (FMECA).

Uma das estratégias de Manutenção em crescendo de aplicação no panorama industrial actual é a Manutenção Centrada na Fiabilidade. Em traços gerais, a mesma trata de determinar as acções de manutenção requeridas para cada componente, no contexto operacional em que está inserido. O seu desenvolvimento assenta na metodologia FME(C)A, que permite caracterizar detalhadamente os diferentes modos de avaria, quantificando a sua criticidade e frequência de ocorrência. Com efeito, este conhecimento torna possível delinear planos de Manutenção que melhor se ajustem ao fim em vista, obtendo inerentemente, algumas reduções de custos.

No presente trabalho, em que analisamos uma Atacadeira de via de interesse estratégico para a empresa e órgãos directamente associados, procurámos aplicar as noções enunciadas tendo em vista a sua manutenção e aumento da fiabilidade.

O trabalho desenvolvido permite uma posterior aplicação e adequação a qualquer outro equipamento de manutenção e conservação de infra-estruturas ferroviárias de características semelhantes.

## Abstract

Over the last few years, maintenance has been one of the functions with the most potential to industries' profit growth. The latest technologic breakthroughs, which aim essentially at implementing equipments condition prediction processes, have had the purpose of improving maintainability and reliability in their operational context. By increasing equipments endurance, these processes fulfil their role - optimizing their production in terms of quantity, quality and time.

Nevertheless, equipments' condition prediction processes are not applicable to every equipment, given the vast variety of different technologies used by these equipments. In this case, maintenance should execute preventive action, in order to assure that equipments are available whenever necessary. It was based in this concern that a Failure Modes, Effects and Criticality Analysis (FMECA) was done.

One of maintenance's growingly increasing strategies in the current industrial situation is Reliability Centred Maintenance. Generally speaking, RCM deals with the appropriate maintenance procedures for each component, in its operational context. Its development is based on FME(C)A methodology, which enables the characterization of different malfunctioning cases, quantifying its severity and occurrence frequency. RCM enables to plan maintenance strategies which best adapt to their proper end, obtaining therefore some expenditure redaction.

In this thesis we made an attempt to analyze a Tamping machine with strategic interest to the company and the organs associated to these machine. To do so, we applied the concepts formerly mentioned aiming at its maintenance and increase of reliability.

The developed work allows a further application and adjustment to any other railway maintenance machines with similar characteristics.

## Agradecimentos

Sendo difícil mencionar todos quantos, de uma forma ou de outra, contribuíram para a realização deste trabalho, quero começar por agradecer a todos os que se sintam esquecidos ao lerem estas breves linhas.

Começo por manifestar o meu profundo agradecimento ao Sr. Professor Doutor Luís Andrade Ferreira e Prof. José Augusto Sobral, pelo apoio, incentivo, colaboração e rigor colocados na orientação do presente trabalho, ao longo das suas diversas fases de execução.

Para o Sr. Mestre Engenheiro Amaral da Silva, da REFER, respectivamente pelo acesso ao seu vasto conhecimento intelectual e pelo acesso à Bibliografia, o meu agradecimento.

Realço também o importante contributo do Sr. Eng<sup>o</sup> Luis Ribeiro, da Somague-Neopul A.C.E., que disponibilizou o seu “Know-how” técnico, enquadrado na realização da presente tese.

Ao meu colega Eng<sup>o</sup> Nuno Silva o meu obrigado pelo acesso a toda a documentação e apoio prestados.

Aos meus pais, mais do que um agradecimento tributo-lhes infindável admiração, por naturalmente se fazerem constituir pedras basilares de toda a minha existência.

Agradeço ainda a todos os colegas, amigos e restante família, que das mais diversas formas sempre me apoiaram no trajecto até agora percorrido. Destes, destaco as seguintes individualidades: João Albuquerque, Rita Marques, Carlos Leitão, João Ponces, Vítor Bernardo, Isabel Santo, Carlos Rodrigues, João Ribeiro

Agradeço ainda à Somague-Neopul, A.C.E. todos os meios, financeiros e materiais, que pôs à minha disposição, durante a realização deste curso de Mestrado.

**ÍNDICE**

	Página
Resumo	i
Abstract	ii
Agradecimentos	iii
Índice	iv
Índice de figuras	viii
Índice de quadros	x
Lista de siglas e símbolos	xi
<b>Capítulo 1      Introdução e objectivos</b>	<b>1</b>
1.1            Introdução	1
1.1.1      Enquadramento do problema	1
1.2            Formulação dos problemas	2
1.3            Objectivos	2
1.4            Resenha bibliográfica	3
1.4.1      Manutenção. O que é?	3
1.4.2      Importância da manutenção	3
1.4.3      Objectivos da Manutenção	5
1.4.4      Evolução da Manutenção	6
1.4.4.1    Evolução histórica	6
1.4.4.2    As novas abordagens	7
1.4.5      Conceitos e formas de Manutenção	12
1.4.5.1    Algumas definições importantes	12
1.4.5.2    Formas e tipos de manutenção	17
1.4.6      Organização da Manutenção	24
1.4.7      Qualidade e Manutenção	27
1.4.8      Custos da Manutenção	29
1.4.9      Subcontratação da Manutenção	34
1.5            Organização da tese	37
<b>Capítulo 2      O EQUIPAMENTO – Equipamentos de manutenção e</b>	<b>38</b>
<b>                     conservação de infra-estruturas ferroviárias</b>	
2.1            Perspectiva histórica dos equipamentos de manutenção e	38
conservação de infra-estruturas ferroviárias	

2.2	Conclusões do Capítulo 2	46
<b>Capítulo 3</b>	<b>METODOLOGIA USADA - FMECA</b>	<b>47</b>
3.1	Manutenção Centrada na Fiabilidade	47
3.1.1	O envolvimento das pessoas na estratégia RCM	49
3.1.2	Constrangimentos de implementação e aplicação da estratégia RCM	50
3.1.3	O tempo e esforço requerido	50
3.1.4	A mudança de “mentalidades”	50
3.1.5	Os objectivos da estratégia RCM	51
3.1.4.2	FME(C)A – “Failure Mode and Effect Criticality Analysis”	53
3.2.1	Interpretação do FME(C)A	54
3.2.2	Condução do processo FME(C)A	56
3.2.3	Identificação dos elementos da FMECA	57
3.2.4	Funções e Modos de Falha	57
3.2.5	Efeitos	57
3.2.6	Tipos de FME(C)As	58
3.3	Conclusões do Capítulo 3	60
<b>Capítulo 4</b>	<b>CASO em ESTUDO: A empresa e o equipamento</b>	<b>61</b>
4.1	Enquadramento do problema	61
4.1.1	Identificação da Empresa	61
4.1.2	Identificação das instalações oficiais do ACE	63
4.1.3	Cadeia de valor do ACE	63
4.1.4	Descrição geral de funções	64
4.1.4.1	Direcção do ACE	64
4.1.4.2	Manutenção e Oficinas	64
4.1.4.3	Operações e Logística	64
4.1.4.4	Administrativa-Financeira	64
4.1.4.5	Equipamento Marítimo	65
4.1.5	Âmbito da Prestação de Serviços	65
4.1.6	A empresa – as ferramentas da função Manutenção	66
4.1.7	Manutenção do equipamento	67
4.2	Gestão e Organização da Manutenção na Somague-Neopul ACE	69
4.2.1	Satisfação das necessidades de equipamentos	69
4.2.1.1	Planeamento das Necessidades de Equipamento	69
4.2.1.2	Recolha e tratamento de dados	69

4.2.1.2.1	Registo de novos equipamentos no sistema	69
4.2.1.2.2	Abate de Equipamentos	69
4.2.1.3	Gestão de Manobreadores (especiais)	70
4.2.1.4	Controlo operacional do equipamento	70
4.2.1.4.1	Registo das Partes Diárias de Manobreadores	70
4.2.1.4.2	Registo dos Consumos de Equipamento	70
4.2.1.4.3	Desmobilização do Equipamento	70
4.2.1.5	Imputação de débitos do equipamento	71
4.2.2	Satisfação das necessidades de Manutenção	71
4.2.2.1	Manutenção preventiva dos equipamentos	71
4.2.2.2	Prestação de serviços ao exterior	71
4.2.3	Gerir Armazéns e Stocks	72
4.2.3.1	Recepção de Compras para Stock	72
4.2.3.2	Recepção de Compras de EQP e outro Imobilizado	72
4.2.3.3	Movimentos de stock	72
4.2.4	Gerir necessidade de compra	73
4.2.4.1	Compras de EQP e Outro Imobilizado	73
4.2.4.2	Aluguer Externo de EQP e Transportes	73
4.2.4.3	Planeamento de Necessidade de Stock	74
4.2.5	Sistematização da informação	74
4.2.5.1	Categorização/Hierarquização de Equipamento	74
4.2.5.2	Classificação versus Codificação de Equipamento	74
4.2.5.3	Alternativas de Codificação	75
4.2.6	A informática na Manutenção	77
4.2.6.1	O software	77
4.2.6.2	O “SLIGOin”	78
4.2.6.2.1	Caracterização	78
4.2.6.2.2	Caracterização técnica	78
4.2.6.2.3	Módulos	79
4.2.6.2.4	Principais capacidades do programa	79
4.2.6.2.5	Descrição Sumária de Funcionalidades do Módulo de OI's/OT's	80
4.2.6.3	Os «expert systems» ou sistemas periciais	82
4.2.6.4	Conclusões	83
4.3	Atacadeira Pesada de Plena Via de Avanço Contínuo -Plasser & Theurer 09-3X	85
4.3.1	Características:	85



---

4.3.2	Diagramas de Blocos	86
4.3.3	Plasser & Theurer 09-3X – Sistemas e subsistemas	88
4.3.4	A primeira Atacadeira de via 09-3X em operação	101
4.4	FME(C)A - Aplicação prática da metodologia ao caso em estudo	102
4.4.1	Severidade	102
4.4.2	Causas	103
4.4.3	Probabilidade de Ocorrência	104
4.4.4	Detectabilidade	105
4.4.5	Redução do Risco	107
4.4.6	RPN e Criticidade	107
4.4.7	FME(C)A - Aplicação prática	108
4.5	Conclusões do Capítulo 4	118
<b>Capítulo 5</b>	<b>Conclusões gerais</b>	<b>119</b>
5.1	Resumo do trabalho realizado	119
5.2	Conclusões	120
5.3	Sugestões para trabalhos futuros	120
<b><u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u></b>		<b>122</b>
<b>Anexo I</b>	Disposição das bombas	127
<b>Anexo II</b>	Pressões dos grupos de ataque	128
<b>Anexo III</b>	Plano de manutenção –Plasser & Theurer 09-3X	129

## **ÍNDICE DE FIGURAS**

	Página
Figura 1.1 Triângulo da sobrevivência [3]	4
Figura 1.2 O crescimento das expectativas da Manutenção [27]	7
Figura 1.3 Curva da banheira	13
Figura 1.4 MTTR e MTBF [5]	14
Figura 1.5 Relação entre fiabilidade, manutibilidade e disponibilidade [14]	15
Figura 1.6 Dependência da disponibilidade operacional	17
Figura 1.7 Formas de intervenção da Manutenção [14]	18
Figura 1.8 Manutenção Curativa [14]	20
Figura 1.9 Manutenção Preventiva Sistemática [14]	22
Figura1.10 Manutenção Preventiva Condicionada [14]	24
Figura1.11 Factores e áreas da Qualidade	28
Figura1.12 Custos directos de manutenção [5]	30
Figura1.13 “Iceberg” de custos [2]	31
Figura1.14 Optimização dos custos [14]	32
Figura1.15 Custo de ciclo de vida [1]	33
Figura1.16 Custo de ciclo de vida [14]	34
Figura1.17 Relacionamentos numa parceria [9]	36
Figura 2.1 Evolução das máquinas de ataque de via [21]	38
Figura 2.2 Evolução das máquinas de ataque de linha [22]	39
Figura 2.3 Tempos de ocupação da linha [23]	41
Figura 2.4 Performances de processamento de via [23]	42
Figura 2.5 Ecrã do software CGV-5 [25]	42
Figura 2.6 Pioches de carbono de tungsténio [22]	43
Figura 2.7 Vibração ideal dos grupos de ataque [26]	44
Figura 2.8 Frequência vs elevação [21]	44
Figura 2.9 Frequência vs deformação [21]	45
Figura 2.10 As linhas de alta velocidade [21]	45
Figura 4.1 Ecrã Trabalhos(software SLIGOin)	81
Figura 4.2 Atacadeira 09-3X [22]	85
Figura 4.3 Atacadeira 09-3X	86
Figura 4.4 Diagrama Atacadeira 09-3X	86

Figura 4.5	Diagrama sistema Eléctrico	86
Figura 4.6	Diagrama sistema Hidráulico	87
Figura 4.7	Diagrama sistema Pneumático	87
Figura 4.8	Diagrama chassis	87
Figura 4.9	Diagrama motor	87
Figura 4.10	Diagrama Controlo/Comando	88
Figura 4.11	Cabina frontal [23]	88
Figura 4.12	Cabina traseira [23]	89
Figura 4.13	Motor Deutz [23]	91
Figura 4.14	Bogie [23]	93
Figura 4.15	Grupo de ataque [23]	95
Figura 4.16	Grupo combinado de levantamento e ripagem [23]	98
Figura 4.17	Carro de medição	100
Figura 4.18	Carro tensor traseiro (sistema de medição de ripagem) [23]	101
Figura 4.19	Análise FMECA	114

**ÍNDICE DE QUADROS**

	Página
Quadro 4.1 Tabela de Intervenções	62
Quadro 4.2 Hipótese 1	75
Quadro 4.3 Hipótese 2	76
Quadro 4.4 Hipótese 3	76
Quadro 4.5 Matriz de Severidade	102
Quadro 4.6 Níveis de Gravidade das Situações Potencialmente Perigosas	103
Quadro 4.7 Matriz de Probabilidade de Ocorrência	104
Quadro 4.8 Frequência de Ocorrência dos Acontecimentos	105
Quadro 4.9 Matriz de Detectabilidade	106
Quadro 4.10 Detectabilidade	106
Quadro 4.11 Matriz de Criticidade	108
Quadro 4.12 Número de Prioridade de Risco (RPN)	108
Quadro 4.13 Elementos com maior criticidade	115
Quadro 4.14 Componentes com maior RPN	115
Quadro 4.15 Órgãos prioritários e acções a tomar	116
Quadro 4.16 RPN1/RPN2	117

## **Lista de siglas e de símbolos**

GMAC	Gestão da Manutenção Assistida por Computador
JIT -	Just In Time
TPM -	Total Productive Maintenance
RCM -	Reliability-centered Maintenance
RBI -	Risk-based Inspection
EUT -	Eindhoven University of Technology Model
TQMain -	Total Quality Maintenance
$R(t)$ -	Fiabilidade
$F(t)$ -	Probabilidade de falha
$f(t)$ -	função densidade de probabilidade de falha
$\lambda(t)$ -	Taxa de avarias
$N(t)$	número de avarias acumuladas entre 0 e t
$E[N(t)]$	representa a esperança matemática de $N(t)$ .
MTBF -	Mean Time Between Failure
TTR -	Time To Repair
MTTR -	Mean Time To Repair
$\mu$ -	Taxa de reparações
MDT -	Mean Down Time
MUT -	Mean Up Time
$D$ -	Disponibilidade estacionária
$D_i$ -	Disponibilidade intrínseca
$I$ -	Indisponibilidade estacionária
UT -	Up Time
DT -	Down Time
$\overline{D}$ -	Disponibilidade média
$D_0$ -	Disponibilidade operacional
FMECA -	Failure mode effect and criticality analysis
LCE -	Life Cycle Engineering
LCC -	Life Cycle Costing
r.p.m.	Rotações por minuto
SIFA	Sistema de homem-morto

OT's	Ordens de trabalho
i.e.	Isto é
ACE	Agrupamento complementar de empresas

## Capítulo 1 – INTRODUÇÃO E OBJECTIVOS

### 1.1 Introdução

#### 1.1.1 Enquadramento do problema

No contexto da nova organização da economia mundial, podemos afirmar que vivemos uma época de profundas mudanças. Está patente que, nas sociedades ocidentais, o paradigma industrial deu lugar a um outro modelo de desenvolvimento económico. A focalização nas necessidades e aspirações dos consumidores, bem como a retenção de clientes com mais valor é fundamental para o sucesso. Esta centralização dos negócios no consumidor resulta do lento crescimento dos mercados e do inerente aumento da intensidade concorrencial.

No actual cenário de liberalização dos mercados, a luta pela sobrevivência conduz à exploração máxima dos recursos, sejam eles humanos, infraestruturais, tecnológicos ou energéticos. Ao mesmo tempo, ganham cada vez mais adeptos as teses ecologistas que apelam à qualidade de vida nas suas múltiplas vertentes.

Em todo este contexto, as empresas de sucesso apresentam como base de sustentação a diferenciação dos seus produtos e serviços o desenvolvimento da sua acção e a definição das suas estratégias segundo uma lógica de inovação, sendo fundamental que as mesmas entidades sejam conhecedoras dos factores de adesão aos produtos e/ou serviços que prestam.

Os indicadores dos critérios de qualidade mais valorizados em importância atribuída pelo cliente habitual Refer, são a *fiabilidade dos equipamentos e tempo de ocupação da via*, já que as avarias dos mesmos, dão origem a aumentos no tempo de via interdita à circulação, originando, falhas de pontualidade e cumprimento dos horários, os quais são factores decisivos para a escolha do meio de transporte a tomar pelo cliente final.

O prestador do serviço deve conferir particular atenção à dimensão da sua frota, devendo o quantitativo suprir as necessidades. No entanto, quanto maior for a dimensão da frota, maiores serão os investimentos com a sua aquisição e manutenção. Assim, e de acordo com os princípios de racionalização dos investimentos e de minimização dos custos, as acções tomadas deverão ser direccionadas no aumento da disponibilidade do material circulante ferroviário.

Para Ferreira [5], aumentar a disponibilidade consiste em reduzir o número de paragens por avaria e os tempos de reparação e inspecção: daqui se conclui que não é suficiente possuir equipamentos fiáveis para se obterem elevados índices de disponibilidade, mas que é também necessário garantir máxima celeridade nas operações de reparação, manutenção e inspecção.

## **1.2 Formulação dos problemas**

Contextualizado o problema, traçamos como objectivos para o presente trabalho o estudo e a avaliação de alguns dos factores de afectação da disponibilidade ou operacionalidade dos órgãos de uma Atacadeira de via Plasser & Theurer modelo 09-3X propriedade da Neopul. Derivado da sua evolução tecnológica esta máquina coloca-se numa posição de equipamento estratégico da empresa, sendo uma máquina que virá a actuar na montagem e manutenção das linhas de alta velocidade em Portugal.

Através do caso prático de estudo, Análise de modo de falha crítico FMECA ao motor, sistema pneumático, hidráulico e comandos e seus equipamentos associados que se encontram montados sobre a Atacadeira Plasser 09-3X, procuraremos dar resposta a duas questões fundamentais:

- Quais as avarias mais críticas do equipamento em estudo?
- Quais as avarias mais críticas e que são mais difíceis de detectar e como minorar os seus efeitos?

Contextualizado o problema, traçamos como objectivos

## **1.3 Objectivos**

Tendo em conta o problema esboçado, o presente trabalho objectiva o estudo e a avaliação de através da abordagem FMECA de alguns dos factores de afectação da disponibilidade, ou qualidade de trabalho.

Através de um caso prático, Atacadeira de via Plasser & theurer modelo 09-3X, propriedade da Neopul., procuraremos dar resposta a três questões fundamentais:

- Como se processa a gestão da manutenção na Somague-Neopul ACE.?
- Quais são as falhas críticas?
- Quais as falhas críticas mais difíceis de detectar e como minorar os seus efeitos?

Assim, iremos procurar as respostas através do desenvolvimento das seguintes acções:



- Elaborar uma Análise de modo de falha criticidade e efeitos;
- Inferir quais os órgãos com maior criticidade;
- Determinar o RPN, considerando a detectabilidade dessas falhas;
- Propor medidas de carácter preventivo, para as falhas críticas;

## **1.4 Resenha bibliográfica**

### **1.4.1 Manutenção. O que é?**

Monchy [14], ao estabelecer a analogia entre uma vida humana e a vida de uma máquina, ou mais genericamente de um objecto técnico, embora sem juízos de valor entre a importância relativa Homem/ máquina, identifica a manutenção como “ a *medicina das máquinas*”. Com efeito numa vida podem estabelecer-se dois marcos fundamentais, o princípio e o fim ou o nascimento e a morte. Nos objectos técnicos também se verificam aqueles marcos com a entrada em serviço e o abate. No que se refere à saúde, entre o primeiro e último dias, podem marcar-se três fases distintas na vida humana: recém-nascido e criança, onde se verifica um decréscimo das doenças típicas desta idade; adolescente e adulto, onde as doenças se vão revelando aleatoriamente; idade geriátrica, onde se verifica uma tendência para o aumento das doenças. Cada uma das fases terá a estratégia médica adequada.

De um modo geral, o comportamento dos objectos técnicos obedece ao mesmo figurino, ou seja. As avarias vão decrescendo em número após o arranque, as avarias ocorrerão aleatoriamente até uma determinada idade ou ao atingir esta idade as avarias tenderão a aumentar em número. Analogamente, cada uma das fases terá a estratégia adequada de manutenção.

Pinto [20] define a função da manutenção como “ *um conjunto integrado de actividades que se desenvolve em todo o ciclo de vida de um equipamento, sistema ou instalação e que visa manter ou repor a sua operacionalidade nas melhores condições de qualidade, custo e disponibilidade, com total segurança*”. Farinha [4], embora referindo a inexistência de uma definição normalizada, aponta a “*combinação de acções de gestão, técnicas e económicas, aplicadas aos bens, para optimização dos seus ciclos de vida*” como possível definição para a manutenção.

Não se verificam incongruências entre cada uma das definições apresentadas, confirmando ambas a bondade da afirmação de Monchy.

### **1.4.2 Importância da manutenção**

A economia do século XXI assenta no princípio da livre concorrência entre os vários agentes económicos com crescentes níveis de competição entre si.

Para se destacarem entre as demais, as empresas devem otimizar continuamente os vértices do que em gestão empresarial se designa por triângulo da sobrevivência. Os processos de

optimização devem ser conduzidos, por um lado através da eliminação das disfunções, dos desperdícios, das perdas e por outro através da melhoria da produtividade e da eficiência numa busca permanente de novas soluções tecnológicas e organizacionais.

O triângulo da sobrevivência focaliza o produto ou serviço como elemento essencial da existência das empresas. Os vértices estão apontados para o mercado/cliente, através das variáveis “qualidade”, “preços” e “prazo de entrega”. A Manutenção, como as demais funções da empresa, influi directamente aquelas variáveis, dando o seu contributo para o produto final. É o que se pretende representar na figura seguinte.



Figura 1.1 – Triângulo da sobrevivência [3]

Sendo normalmente descrita como uma das áreas operacionais de maior ineficiência, a função Manutenção deve ser menos penalizada pelo seu custo directo – mão-de-obra, materiais e serviços contratados – e efectivamente avaliada pelo seu desempenho na óptica dos contributos dados ao produto/serviço final. O chavão de muitos anos que refere “a *Manutenção como um mal necessário*” já não faz qualquer sentido porque a Manutenção, para além de criar capacidade produtiva, é co-responsável pela optimização da mesma nos mais variados domínios.

Pinto [20] justifica a importância da Manutenção, analisando três aspectos fundamentais: económicos, legais e sociais.

Na vertente económica aponta a maximização do rendimento dos investimentos efectuados nas instalações e equipamentos, o prolongamento da sua vida útil e o aumento das taxas de operacionalidade. Segundo o mesmo autor, estes resultados são alcançados através da redução dos desperdícios, rejeições e reclamações sobre os produtos/serviços, evitando atrasos ou interrupções da produção/exploração, na redução dos consumos e melhor aproveitamento dos recursos humanos.

No estrito cumprimento da legislação, a vertente legal da importância da manutenção comporta atitudes de prevenção com a insegurança ou riscos de acidente, o incómodo (ruído, fumos ou odores), a poluição (emissões gasosas, descargas líquidas e resíduos) ou a insalubridade (temperatura, humidade).

Na vertente social considera-se o conjunto das medidas que, não sendo imposições legais, podem contribuir para a preservação ou melhoramento da imagem da empresa.

#### **1.4.3 Objectivos da Manutenção**

Para que as empresas consigam sobreviver, as partes constituintes da mesma devem estar necessariamente em sintonia com os objectivos gerais e os objectivos das políticas de manutenção não podem constituir excepção.

Farinha [4] considera que o objectivo primário de qualquer sector de manutenção é garantir que os equipamentos sob a sua responsabilidade cumpram a função para a qual foram postos ao serviço dos utilizadores, elegendo a maximização da disponibilidade como objectivo essencial. Sobre o mesmo tema, Souris [32] refere que a manutenção pode efectuar-se no âmbito de uma despesa materializada por um orçamento ou em relação com uma actividade industrial determinada, enfatizando o objectivo custo mínimo.

Independentemente do objectivo entendido primordial, as linhas de orientação ou linhas de força da Manutenção devem passar necessariamente pelos seguintes objectivos:

- **Segurança:** Aspecto inegociável que envolve a segurança de todos os elementos intervenientes no processo – pessoas, equipamentos, comunidade e utentes;
- **Qualidade:** Visa a obtenção do melhor rendimento dos equipamentos, com o mínimo de defeitos e o máximo respeito pelas condições de higiene e segurança e pelo meio ambiente;
- **Custo:** Considera que qualquer intervenção de manutenção deve verificar o mínimo custo global, resultante da análise dos custos da produção, dos custos originados pela manutenção ou pela não manutenção;
- **Disponibilidade:** Visa garantir a maior operacionalidade dos equipamentos, ajustando as imobilizações programadas e minimizando as paragens por avaria, por forma a contribuir para a regularidade da produção e cumprimento dos prazos.

Condicionalismos de vária ordem limitam a conjugação destes aspectos, por si só difíceis de alcançar por aparente contradição entre eles, e que implicam elevadas doses de sensatez. Este é o desafio permanente a que estão sujeitos os profissionais da manutenção.

A justificação da afirmação anterior pode residir num hipotético caso em que, perante a absoluta necessidade de disponibilizar um dado equipamento, sejam descuradas normas de segurança ou se introduzam custos superiores aos que seriam normais

#### **1.4.4 Evolução da Manutenção**

##### **1.4.4.1 Evolução histórica**

Pode dizer-se que a manutenção, ainda que em termos minimalistas, tem a idade do Homem. A substituição de uma ponta de sílex, por quebra ou desgaste de outra, executada no período pré-histórico, pode ser considerada uma acção de manutenção.

Em meados do século XIX, com o advento da Revolução Industrial, surgem novos desafios. É introduzido o conceito de mecanização da produção em oposição ao artesanal, único até então. Esta mecanização, ainda que de génese construtiva bastante simples, fez sobressair a necessidade de reparar regularmente as máquinas. Estas intervenções eram então deixadas a cargo dos próprios operadores.

Após a 1ª Guerra Mundial, quando a indústria foi pressionada a atingir padrões mais significativos de produção, assiste-se a uma mudança de atitude relativamente às reparações. Assim, a filosofia de abordagem, embora mantendo uma postura reactiva em face às avarias, passou à constituição de equipas especializadas, dependentes da produção. Esta situação foi mantida até aos anos 30.

A massificação da produção que se verificou a partir daquela altura e a necessidade de se obterem elevados níveis de disponibilidade dos equipamentos durante a 2ª Guerra Mundial, introduziram outra postura relativamente às avarias. As empresas começaram então a preocupar-se, não só em corrigir as falhas, mas também em evitar o seu aparecimento, alargando-se o âmbito da manutenção, que passou também a actuar na prevenção das anomalias através de substituições sistemáticas, assumindo uma atitude proactiva. Estava criado o embrião que haveria de caracterizar a manutenção até à década de 80. O termo “manutenção” tem a sua origem remota, segundo Farinha [4], no vocábulo militar com o sentido de “manter, nas unidades de combate os efectivos e o material num nível constante”.

O desenvolvimento dos métodos preventivos aumentou com a expansão da aviação comercial a partir do fim da 2ª Guerra Mundial. Nas empresas são criadas estruturas próprias da Manutenção, sem dependência directa da produção.

Começa a ganhar forma uma nova disciplina, a Engenharia da Manutenção, que se sustenta na aplicação de modelos matemáticos e estatísticos à análise e controlo da fiabilidade, só possível pela difusão dos computadores a partir da década de 60, na aplicação intensiva das técnicas de planeamento, anteriormente quase exclusivas da indústria militar, e na criação de

processos científicos em manutenção, nomeadamente quanto ao comportamento dos materiais.

A partir dos anos 80, com os avanços tecnológicos, nomeadamente na micro-electrónica, a permitirem a oferta e diversificação de instrumentação digital de alta precisão, passam-se a medir os parâmetros de funcionamento, a avaliar a sua variação e a extrapolar o momento da falha, levando ao diagnóstico precoce de avarias. Mantendo o objectivo de evitar a avaria, nesta fase é retraído o modo de substituição sistemática em contraponto com a substituição condicionada. Deste modo, parte dos elementos são substituídos atendendo ao seu estado de condição, proporcionando custos de exploração inferiores.

A figura seguinte resume a evolução das expectativas da Manutenção ao longo do tempo em que a mesma funcionou/funciona de modo organizado:

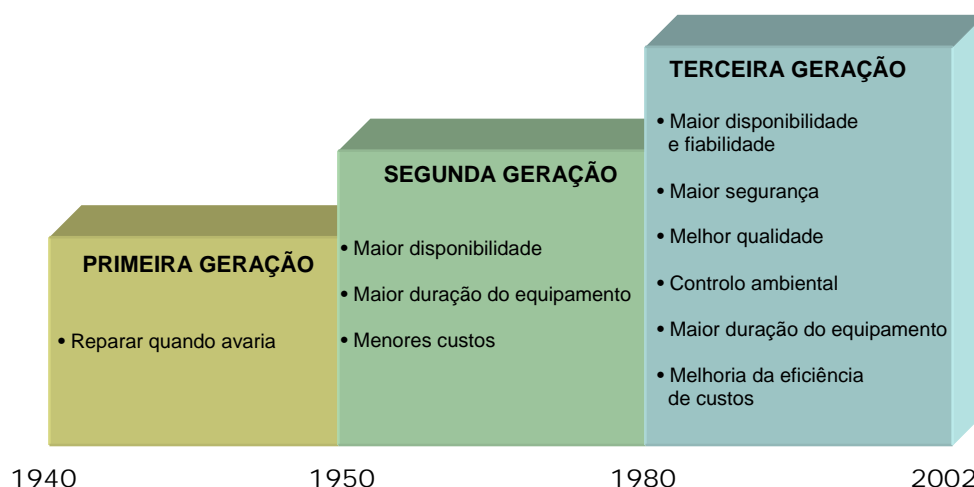


Figura 1.2 – O crescimento das expectativas da Manutenção [27]

É nosso entendimento que as exigências futuras continuarão a acentuar-se sobre a melhoria do desempenho, nomeadamente maiores disponibilidade, fiabilidade e duração da vida útil dos equipamentos/instalações.

#### 1.4.4.2 As novas abordagens

Não obstante o contexto de grande instabilidade e incerteza, a tendência actual da economia vem evoluindo no sentido do crescimento do negócio e, simultaneamente, na redução dos custos. Por outro lado, o mercado torna-se mais exigente quanto aos requisitos da qualidade. Consequentemente os equipamentos tornam-se mais complexos e a Manutenção é naturalmente afectada, sendo, por isso, impulsionada a procurar outras ferramentas e estratégias.

Ferreira [6], entre as várias estratégias de manutenção, salienta:

- Terotecnologia;

- TPM – Total Productive Maintenance;
- RCM – Reliability-centered Maintenance;
- RBI – Risk-based Inspection;
- EUT – Eindhoven University of Technology Model;
- TQMain – Total Quality Maintenance.

Segundo o mesmo autor, o denominador comum destas estratégias está no apelo que fazem às Tecnologias de Informação para uma gestão proactiva da informação e ao “benchmarking” para estabelecimento de metas.

De entre as estratégias referidas, o RCM e o TPM surgem como as mais destacadas e divulgadas. Iremos debruçar-nos sobre elas nas linhas seguintes.

O RCM consiste numa metodologia iterativa racional e estruturada, baseada nos modos de avaria dos equipamentos e na gravidade das suas consequências, definido formalmente como um processo usado para determinar as acções de manutenção requeridas para cada componente no contexto operativo em que está inserido. Esta estratégia surgiu na década de 60 do século passado, com o aparecimento dos aviões de grande porte que evoluíram a aeronáutica civil. Na década de 70 já era aplicada massivamente a todos os sistemas militares e na década de 80 a instalações industriais civis, nomeadamente centrais térmicas e termo-nucleares.

Sena e Pereira [29] identificam o desenvolvimento e aplicação do RCM com base nas constatações práticas:

- Pouco impacto das revisões planeadas dos sistemas complexos sobre a fiabilidade, excepto nas situações em que ocorriam modos de falha dominantes;
- Ineficácia da manutenção programada para certos subsistemas e componentes.

A visão RCM – Manutenção que trata da preservação da função dos bens – ao distinguir-se da visão tradicional – Manutenção que trata da preservação física dos bens – aborda sete questões básicas, cuja resposta constitui a metodologia daquela estratégia. Assim:

- Quais as funções e performances do bem, no seu contexto operacional?
- De que forma é um bem incapaz de cumprir as suas funções?
- O que causa cada avaria funcional?
- O que acontece quando cada avaria ocorre?
- Qual a importância de cada avaria?
- O que pode ser feito para prever ou prevenir cada avaria?
- O que deve ser feito caso não se encontre a adequada tarefa proactiva?

As respostas às questões anteriores, assentam em três pilares, [Sena e Pereira [28]]:

- Análise profunda dos sistemas;
- Avaliação das consequências das falhas;
- Aplicação de diagramas lógicos de decisão para a escolha das tarefas de manutenção, de acordo com as consequências das falhas e com a viabilidade técnica e económica das tarefas.

Esta síntese está de acordo com Silva e Resende [30] que elegem a FMEA como o pilar do desenvolvimento da metodologia RCM. Numa abordagem crítica ao RCM, os autores classificam-no como uma ferramenta de fácil utilização, muito adequada para otimizar um programa de manutenção e dirigida a problemas resultantes de tarefas de manutenção inadequadas, incorrectas, ineficazes ou redundantes mas sem efeitos quando os problemas têm a sua génese em factores humanos, resultando em manutenção deficiente.

Ainda segundo os mesmos autores, uma das fragilidades da metodologia RCM está consubstanciada no facto de não contemplar a gestão de modos de falha com funções de risco com diferentes formas, apontando, a título de exemplo, um componente com função de risco decrescente, ao qual não se deverão aplicar substituições preventivas. Contudo, pensamos que neste caso ainda se justifica a substituição preventiva se estiver em causa a segurança.

A outra limitação desta metodologia incide sobre o carácter meramente qualitativo do diagrama de decisão, não escalonando de forma clara e quantificada as diversas situações. Assim, em detrimento da FMEA é proposto o recurso à FMECA, introduzindo-se a componente quantitativa, o Índice de Severidade, que irá determinar os equipamentos nos quais a prioridade de actuação é maior.

Não obstante as fragilidades apontadas, a metodologia RCM já demonstrou a sua eficiência em várias indústrias e níveis de ciclo de vida dos equipamentos. Se correctamente aplicada, permitirá obter os benefícios:

- Maior segurança e melhor protecção ambiental;
- Aumento no desempenho do processo;
- Optimização dos custos de Manutenção;
- Melhoria na motivação das pessoas;
- Facilita as atitudes proactivas;
- Melhora o clima social.

O conceito TPM foi iniciado no Japão em inícios da década de 70, decorrente da implantação da técnica produtiva KanBan na empresa Nippon Denso, do grupo Toyota. A sua expansão para o exterior, nomeadamente para os Estados Unidos e Europa, teve grande impacto em muitas indústrias, especialmente no sector automóvel, onde se encontram excelentes exemplos.

Na sua génese o TPM, enquanto método de manutenção, integra a filosofia Just in Time (JIT)/KanBan. O JIT elege como objectivos principais o combate ao desperdício e a melhoria contínua e como estratégia primordial o combate ao excesso de “stocks” antes e depois do processo produtivo. A grande limitação do JIT é a aplicação a produções muito diversificadas ou em pequenos lotes.

O TPM, mais do que uma técnica ou um método, é uma atitude que envolve responsáveis e operadores numa união tendente para a maximização da eficiência global, através da eliminação dos factores das perdas. Pode definir-se sumariamente como uma actividade de manutenção, conduzida com a participação de todos, desde a gestão de topo aos operadores mais indiferenciados.

As principais linhas caracterizadoras do TPM podem resumir-se, Cabral [2]:

- Busca da maximização da eficiência global das máquinas e dos equipamentos;
- Sistema total que engloba todo o ciclo de vida útil das máquinas e dos equipamentos;
- Sistema que congrega a participação de todos, a todos os níveis;
- Movimento motivacional, na forma de trabalho de grupo, através da condução de actividades voluntárias.

O envolvimento voluntário dos operadores nas acções preventivas de manutenção da “sua” máquina – inspecção, lubrificação e limpeza – concede um significativo contributo para que os mesmos se identifiquem com o funcionamento da mesma, aumentando a sua capacidade técnica de intervenção e facilitando o diagnóstico precoce. Este facto permite minorar a pressão sobre as equipas da Manutenção e reduzir os tempos de paragem por avaria, donde resulta melhor clima social e maior disponibilidade dos equipamentos. Por outro lado, sendo o diagnóstico mais rápido criam-se condições para que as imobilizações sejam menores, com a contrapartida de novo incremento da disponibilidade. Por último, os conhecimentos adquiridos pelo operador com as acções de manutenção vão permitir ajustar a condução da máquina ao seu estado de condição, donde se obtém outro incremento da disponibilidade, desta vez por aumento da fiabilidade .

Em duas palavras, os objectivos do TPM são a eliminação de perdas:

- Perdas por avaria – as decorrentes das paragens ou quebras de função;



- Perdas por mudança de produto e afinações – as decorrentes dos ajustamentos do equipamento, para fabrico de outro produto;
- Perdas devido às ferramentas - as decorrentes de aspectos associados às ferramentas como o desgaste;
- Perdas por pequenas paragens – as decorrentes de paragens inerentes à quebra do ritmo de fabrico como os encravamentos;
- Perdas por quebra de velocidade – as decorrentes do abrandamento do ritmo de produção por qualquer anomalia momentânea;
- Perdas por produtos defeituosos – as decorrentes de produtos fabricados fora das especificações, bem como as eventuais recuperações;
- Perdas no arranque das máquinas – as decorrentes do início da produção até à estabilização do processo.

A Manutenção praticada pelos operadores é o pilar mais importante do TPM e está consubstanciada na atitude oriental designada por 5 s's, fortemente apelativa aos valores da ordem, limpeza e disciplina. Os resultados esperados com o TPM abarcam, não só a disponibilidade dos equipamentos como referido, mas também a qualidade, a segurança e a redução dos custos, já apresentados como objectivos da Manutenção. De acordo com Cabral [2], os resultados esperados com o TPM podem sintetizar-se em duas categorias, tangíveis e intangíveis.

Nos resultados tangíveis, enumeram-se:

- Alcançar as zero-avarias;
- Reduzir a degradação da fiabilidade;
- Reduzir os tempos de paragem da produção;
- Reduzir os defeitos de qualidade;
- Incrementar a produtividade;
- Reduzir os acidentes de trabalho;
- Economizar energia e outros recursos.

E nos intangíveis:

- Aumentar a motivação para o trabalho;
- Criar um ambiente agradável de trabalho;
- Melhorar a imagem da empresa.

O sucesso do TPM deve-se, em nosso entender, às peculiaridades da sociedade e cultura japonesas, substancialmente diferentes dos valores vigentes nas sociedades ocidentais. Por ser corrente a adopção de teses e estratégias sem o devido ajuste ao contexto em que as

mesmas vão ser aplicadas, não podemos deixar de referir a ressalva de Sena e Pereira [29] sobre a expansão do TPM, onde referem que a mesma deve ser feita com as devidas adaptações.

### 1.4.5 Conceitos e formas de Manutenção

#### 1.4.5.1 Algumas definições importantes

Ao adquirir-se um determinado equipamento, é expectável que a partir da sua entrada ao serviço ele corresponda às expectativas que passam necessariamente pela maior disponibilidade ao menor custo. Um dos factores de afectação das expectativas é a ocorrência de avarias.

Desta forma, torna-se necessário desenvolver um conceito que permita relacionar o estado de funcionamento com o tempo. É essa a função da Fiabilidade que pode ser definida como uma medida da capacidade de um item operar sem falha, isto é, como uma probabilidade desse item não falhar durante um determinado intervalo de tempo, como anteriormente definido, ou seja:

$$R(t) = \Pr(T \geq t) \quad (1.1)$$

Essa probabilidade de sobrevivência é função do tempo e representa-se por  $R(t)$ . Analogamente pode definir-se a “Infiabilidade” ou função acumulada de avarias e representá-la por  $F(t)$ , tal que:

$$F(t) = \Pr(T < t) \quad (1.2)$$

Dado que os dois estados do item são complementares, então pode escrever-se:

$$R(t) + F(t) = 1 \quad (1.3)$$

Seja  $f(t)$  a função densidade de probabilidade de falha, definida por  $f(t) = \frac{dF(t)}{dt}$  (1.4)

Teremos:

$$\frac{dR(t)}{dt} = -f(t) \quad (1.5)$$

$$\text{ou } F(t) = \int_0^t f(t)dt \quad (1.6) \quad \text{e} \quad R(t) = 1 - \int_0^t f(t)dt \quad (1.7)$$

Falha ou avaria é entendido como a cessação da capacidade de um item para realizar uma função específica. Pereira [18] considera que esta definição obriga a precisar o conceito de função específica. Com efeito, não se deverá entender que um item só está avariado quando, de todo, o seu funcionamento é interrompido. De facto, deve considerar-se avaria quando não for possível realizar a função dentro das condições especificadas ou esperadas de funcionamento. Ferreira [5], ao identificar os três estados possíveis de um item, bom funcionamento, modo degradado e avaria, parece contradizer aquele considerando. Esta

contradição apenas é aparente na medida em que o estado “modo degradado”, se cumprir a função dentro do especificado, apenas alerta para a necessidade próxima de intervenção por avaria eminente, sem que se possa considerar o item em estado de avaria.

Enquanto indicador de fiabilidade, a taxa instantânea de avarias define-se como a variação do número esperado de avarias, verificado ao longo do tempo decorrido, e designa-se por  $\lambda(t)$ . Se representarmos por  $N(t)$  o número de avarias acumuladas entre 0 e  $t$ , teremos:

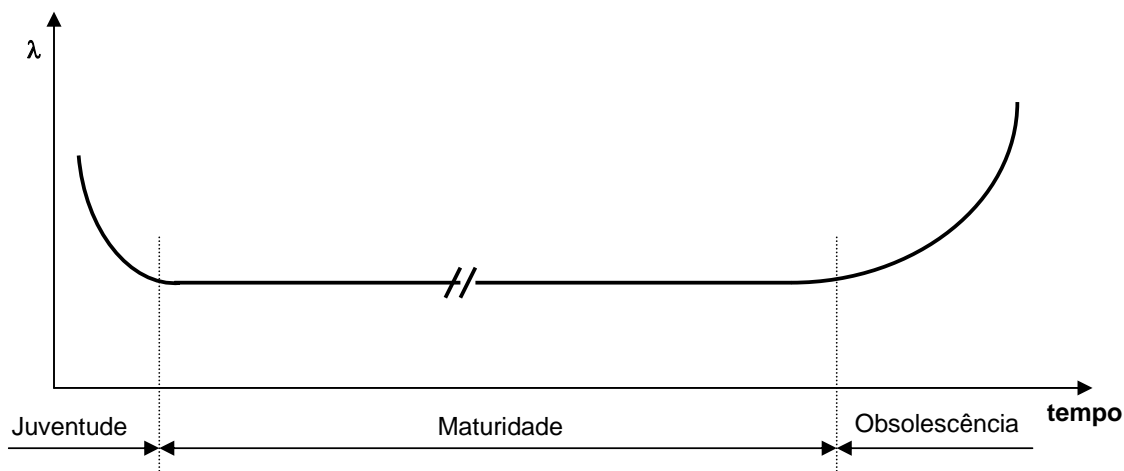
$$\lambda(t) = \frac{d}{dt}[E\{N(t)\}] \quad (1.8)$$

Onde  $E[N(t)]$  representa a esperança matemática de  $N(t)$ . Esta é uma variável aleatória discreta e  $E[N(t)]$  a função contínua que mais aproxima  $N(t)$ .

A taxa instantânea de avarias também pode exprimir-se pela relação entre a derivada da função  $F(t)$ , função densidade de probabilidade  $f(t)$ , e a função fiabilidade  $R(t)$ , tal que:

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} \quad (1.9)$$

A taxa de avarias pode ser decrescente, constante ou crescente. Na figura seguinte representa-se um padrão de avarias, conhecido por “curva da banheira”, onde cada uma daquelas variações corresponde a um período distinto, juventude, maturidade e obsolescência do item. No maior período representado, período de maturidade ou de vida útil, a taxa de avarias é aproximadamente constante, isto é, não depende do tempo. As avarias ocorrem aleatoriamente sendo independentes e identicamente distribuídas.



**Figura 1.3 – Curva da banheira**

Em termos práticos, é utilizada a taxa de avarias média que expressa o número de avarias por unidade de operação ( horas, quilómetros, ciclos, etc.).

O MTBF, Mean Time Between Failure nos itens reparáveis e Mean Time Before Failure nos não reparáveis, representa a esperança matemática das avarias. Assim:

$$MTBF = \int_0^{\infty} R(t)dt \quad (1.10)$$

O MTBF é um indicador de fiabilidade, podendo ser definido como o inverso da taxa de avarias quando a mesma é constante.

A Manutibilidade define-se como a probabilidade de recuperar um item e repô-lo nas condições normais de serviço no intervalo de tempo TTR (Time To Repair).

A Manutibilidade é fundamentalmente uma característica de concepção e fabricação do item, onde todos os aspectos que sejam susceptíveis de influenciar a aptidão do mesmo para receber manutenção, devem ser tidos em conta.

O MTTR, Mean Time To Repair, é o valor médio dos TTR's e pode representar:

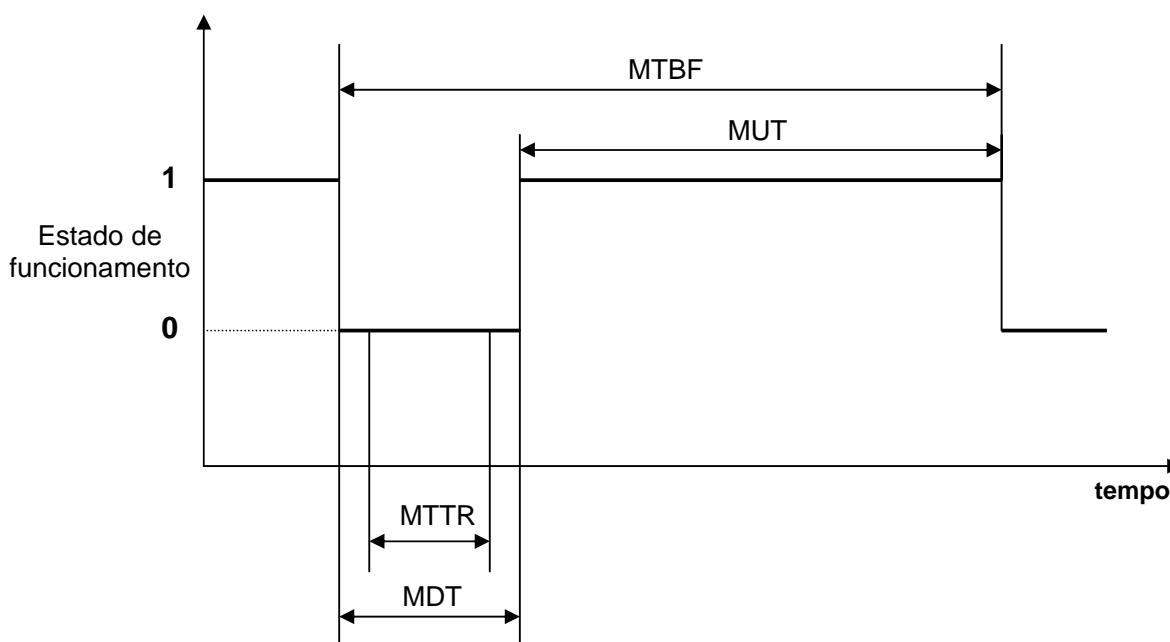
- O tempo médio de reparação de uma avaria específica numa população de itens idênticos;
- O tempo médio de reparação de uma avaria num dado equipamento.

A taxa de reparação ( $\mu$ ) pode ser definida como o inverso do MTTR e estima-se, na prática, pela expressão:

$$\mu = \frac{\text{número total de reparações}}{\text{tempo total de reparações}} \quad (1.11)$$

A taxa de reparação e o MTTR são indicadores de manutibilidade.

Na figura seguinte, esquematizam-se os conceitos MTBF e MTTR.



**Figura 1.4 – MTTR e MTBF [5]**

O MDT, Mean Down Time ou média dos tempos de paragem, corresponde ao período, durante o qual o equipamento não se encontra disponível para assegurar a função requerida. Pode ser afectado por inúmeros factores como a dimensão da avaria, o tempo de reacção dos serviços da Manutenção, a logística de apoio e a reposição em marcha.

O MUT, Mean Up Time ou média do tempo de funcionamento, corresponde ao período em que o equipamento se encontra disponível para assegurar a função requerida. O MUT pode ser afectado pela ocorrência da avaria, pelos procedimentos de reposição em marcha e pela própria condução do equipamento.

Por disponibilidade, entende-se a probabilidade de um item, equipamento ou instalação se encontrar operacional no instante  $t$ , sabendo-se que no instante  $t=0$  ele se encontra operacional.

O'Connor [17] define disponibilidade estacionária como a proporção do tempo total em que o item está disponível. Considerando as taxas de avaria e de reparação constantes, ou seja:

$$\lambda = (MTBF)^{-1} \quad (1.12) \quad \text{e} \quad \mu = (MTTR)^{-1} \quad (1.13)$$

para o cálculo da disponibilidade estacionária, resulta:

$$D = \frac{\mu}{\lambda + \mu} = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR} \quad (1.14)$$

Esta expressão relaciona as características próprias do equipamento, a fiabilidade e a manutibilidade. Por isso, é chamada de disponibilidade intrínseca ou inerente, sendo normalmente representada por  $D_i$ .

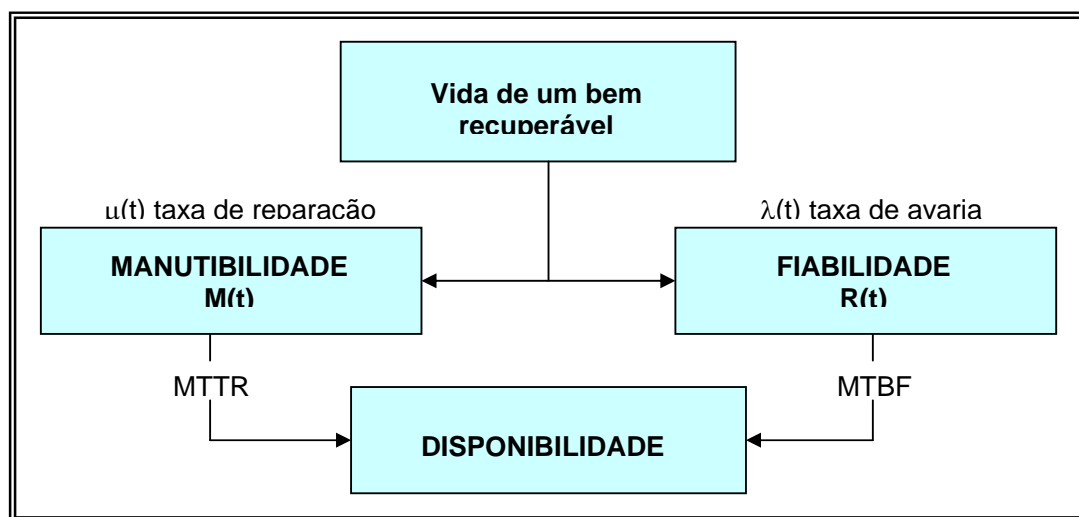


Figura 1.5 – Relação entre fiabilidade, manutibilidade e disponibilidade [14]

Analogamente, para a indisponibilidade estacionária teremos:

$$I = 1 - D = \frac{\lambda}{\lambda + \mu} \quad (1.15)$$

Revelando a sua pouca aplicabilidade por se tratar de um caso ideal, Modarres (1993) propõe, para o cálculo da disponibilidade estacionária, a fórmula:

$$D = \frac{UT}{UT + DT} \quad (1.16)$$

Onde:

- UT (Up Time) é o período de tempo em que o item reúne as condições para ser utilizado;
- DT (Down Time) é o período em que o equipamento não está em condições de ser utilizado.

Admitindo que os modelos de disponibilidade seguem frequentemente uma distribuição exponencial, para sistemas não reparáveis o mesmo autor propõe:

$$D(t) = \exp \left[ - \int_0^t \lambda(\theta) d\theta \right] \quad (1.17)$$

onde  $\lambda(\theta)$  representa a taxa de avarias instantânea.

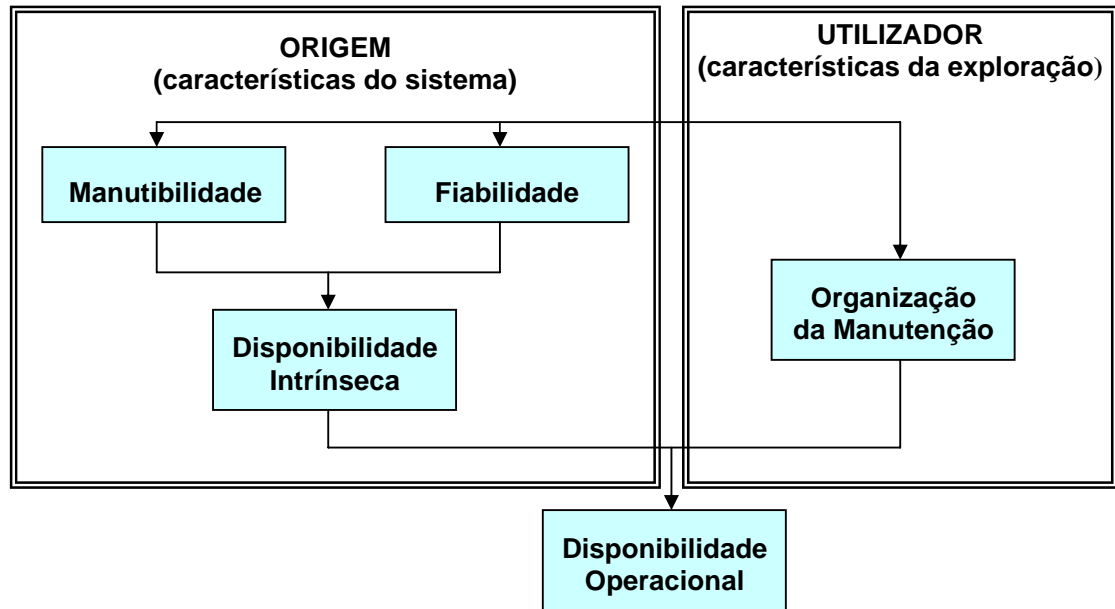
A disponibilidade média, definida para um período determinado de tempo T, é calculada por:

$$\bar{D} = \frac{1}{T} \int_0^T D(t) dt \quad (1.18)$$

A disponibilidade operacional depende da disponibilidade intrínseca, acima referida, das políticas estabelecidas para a manutenção e da sua logística. É determinada pela seguinte expressão:

$$D_o = \frac{MTBF}{MTBF + MDT} \quad (1.19)$$

A figura seguinte representa esquematicamente a interdependência entre a disponibilidade operacional e a intrínseca e também as políticas e logística da manutenção.



**Figura 1.6 – Dependência da disponibilidade operacional**

Garantir e aumentar a disponibilidade dos equipamentos constitui-se como o objectivo clássico de qualquer serviço de Manutenção. À semelhança da fiabilidade, também a disponibilidade é afectada pela redundância. Se um sistema standby puder ser reparado enquanto o sistema primário assegura a função requerida, então a disponibilidade global é fortemente incrementada.

#### **1.4.5.2 Formas e tipos de manutenção**

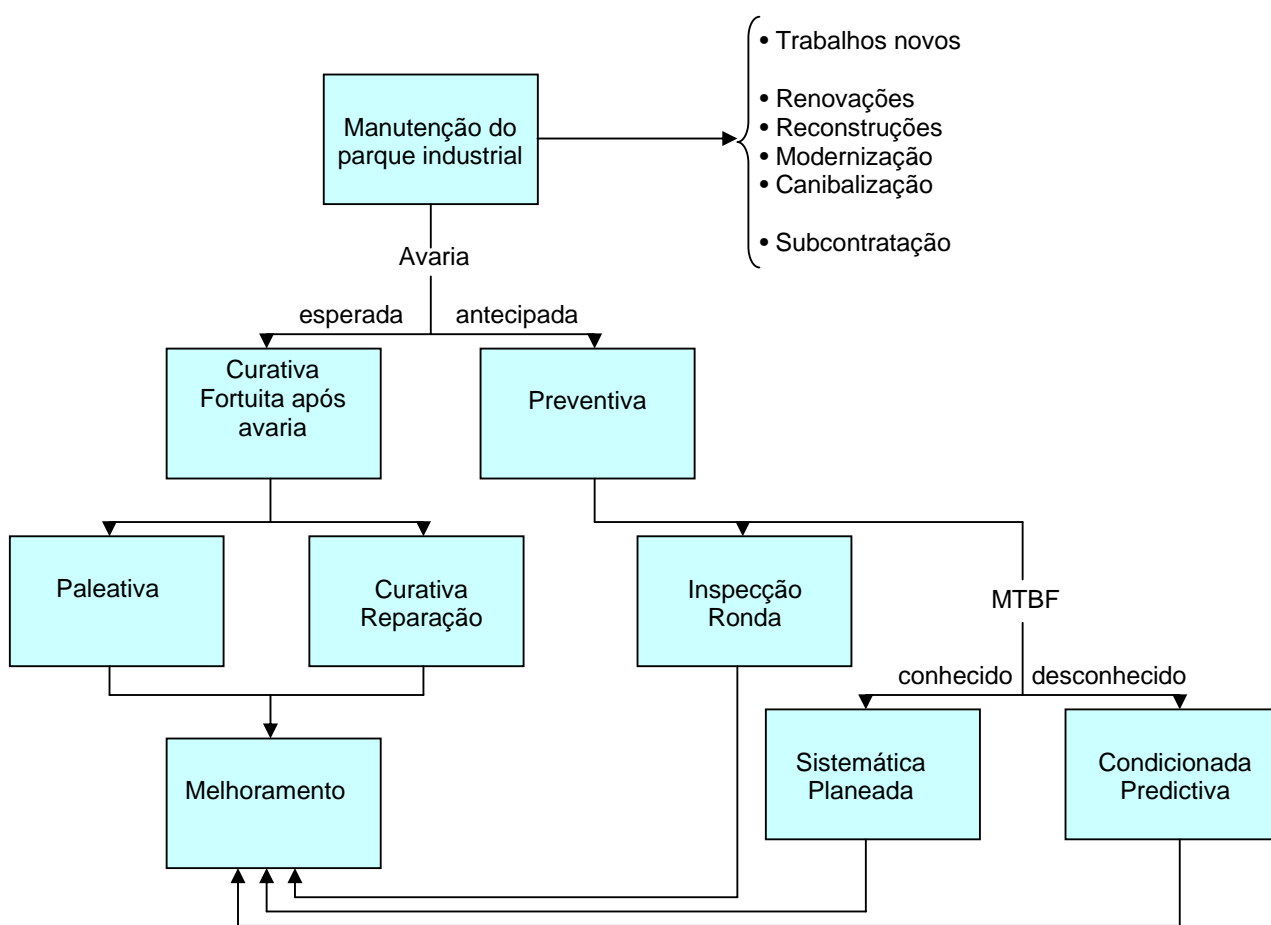
Através da evolução histórica da Manutenção foram identificadas duas atitudes básicas de actuação:

- Reactiva – associada a acções do tipo resolutivo, curativo ou correctivo, normalmente não planeadas;
- Proactiva - associada a acções do tipo preventivo, normalmente planeadas.

De acordo com Ferreira [5], podem considerar-se dois tipos de Manutenção:

- Curativa – Manutenção efectuada após avaria e que se subdivide:
  - Paliativa – reparações provisórias;
  - Curativa – reparações com carácter definitivo.
- Preventiva – Manutenção efectuada com intenção de reduzir a probabilidade de avaria e que se subdivide:
  - Sistemática – pré-determinada;
  - Condicionada – medida, diagnóstico.

As representações gráficas mais comuns dos vários tipos e formas de Manutenção são normalmente explicitadas em ordem aos modos planeado ou não planeado, preventivo ou curativo e reactivo ou proactivo, sendo frequentemente omitidas as relações de interdependência entre as subdivisões daqueles modos bem como a forma de intervenção “Melhoramento” que, numa perspectiva de prolongamento da vida útil, assume importância crescente. Deste modo, esquematizam-se de seguida, em nosso entender de uma forma substancialmente mais clara quando comparada com as representações gráficas mais comuns, as diversas formas de actuação da Manutenção:



**Figura 1.7 – Formas de intervenção da Manutenção [14]**



Os trabalhos novos são frequentemente atribuídos à função Manutenção através do conjunto das responsabilidades de instalação de novos equipamentos ou da expansão dos existentes.

A renovação consiste numa inspecção completa de todos os componentes, análise dimensional, substituição de peças deformadas, verificação das características e eventual reparação das peças e subconjuntos avariados. A renovação surge como uma das consequências possíveis de uma revisão geral.

A reconstrução consiste na colocação do equipamento num estado, normalmente definido por um Caderno de Encargos, que impõe a substituição das peças vitais. A reconstrução surge, muitas vezes, combinada com uma renovação.

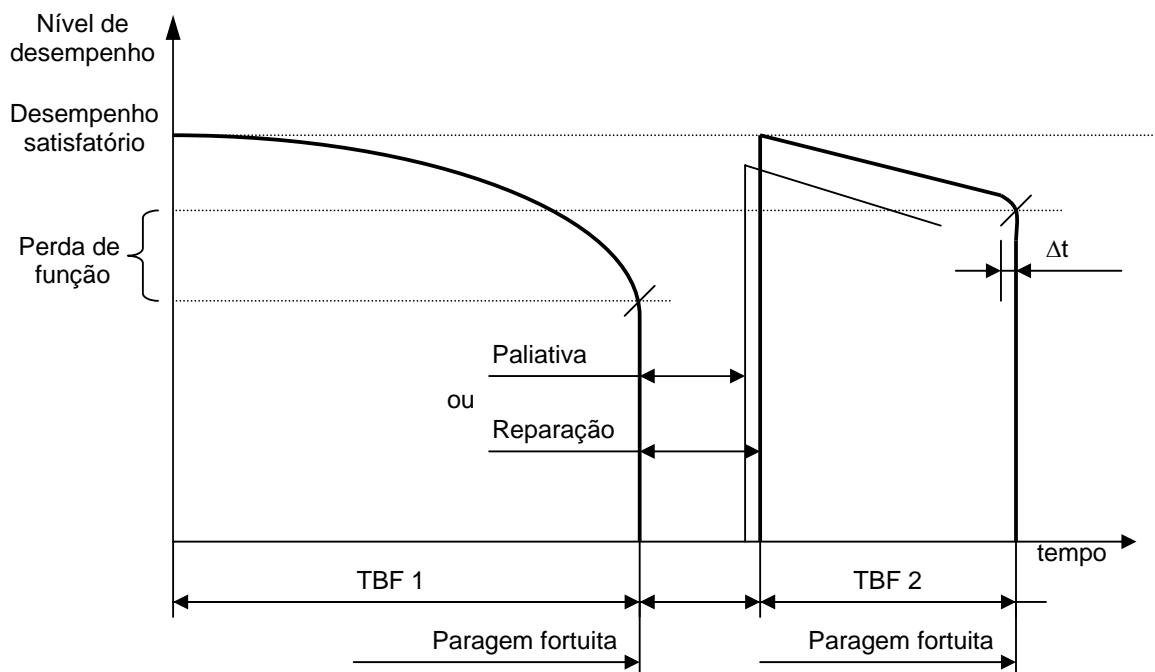
A modernização consiste na substituição de acessórios, existentes no equipamento na sua forma original, por outros com aperfeiçoamentos técnicos.

A canibalização consiste na subtracção de peças, acessórios, órgãos ou sistemas a equipamentos abatidos do activo. É normalmente praticada quando se dispõem de vários equipamentos iguais, constituição de lote de peças de reserva, ou quando a parte retirada, por si só, pode ser valorizada.

A inspecção ou ronda consiste na vigilância regular, programada e de curta frequência dos equipamentos. Está associada à realização de pequenos trabalhos de curta duração, relativamente pouco exigentes quanto à arte, e pode exigir curtos períodos de imobilização do equipamento. Compreende operações de lubrificação, exames sensoriais e testes, pequenas reparações, afinações e substituições simples e ainda o controlo de alguns parâmetros de funcionamento, sendo por isso considerada, Ferreira [5] , como um tipo de Manutenção entre a preventiva sistemática e a curativa e entre aquela e a condicionada.

A Manutenção Curativa é simplesmente definida como a manutenção efectuada após a ocorrência da avaria. Enquanto método único, é desinteressante pelas consequências que comporta, seja pela imprecisão da disponibilidade dos equipamentos, pelos custos das reparações ou das peças de reserva e pela irregular carga de trabalho. [Ferreira [5]]

No entanto e segundo o mesmo autor, aquela forma justifica-se quando os custos indirectos da avaria são mínimos, sem afectar a segurança e a produção de forma crítica, quando é possível adoptar uma política de renovação frequente dos equipamentos ou enquanto complemento residual da manutenção Preventiva.



**Figura 1.8 – Manutenção Curativa [14]**

Na figura anterior evidenciam-se duas falhas com velocidades de propagação distintas: por degradação e brusca. Concretamente, pretendem-se ilustrar os dois modos de intervenção perante a avaria ou perda de função na Manutenção Curativa, reparações com carácter definitivo e reparações provisórias, sendo que neste caso o valor introduzido não é bastante para atingir um nível de desempenho satisfatório.

A Manutenção Preventiva pode ser definida como a manutenção efectuada antes da ocorrência da avaria. Como referido, reveste-se de duas formas diferentes:

- Sistemática – substituição planeada, concretizada com o vencimento de um prazo;
- Condicionada – substituição decorrente do acompanhamento e apreciação da degradação de parâmetros de funcionamento até um valor considerado insatisfatório.

De acordo com Ferreira [5] a Manutenção Preventiva visa os seguintes objectivos:

- Aumentar a fiabilidade dos equipamentos, reduzindo as avarias em serviço: redução de custos devido a avarias, aumento da disponibilidade;
- Aumentar a duração de vida eficaz de um equipamento;
- Reduzir e regularizar a carga de trabalho, logo melhorar o planeamento dos trabalhos e as relações com a produção;
- Facilitar a gestão de “stocks” através da maior previsibilidade dos consumos;

- Assegurar a segurança das intervenções, introdução das metodologias adequadas, menor improvisação;
- Reduzir as avarias inesperadas, melhoramento do clima social.

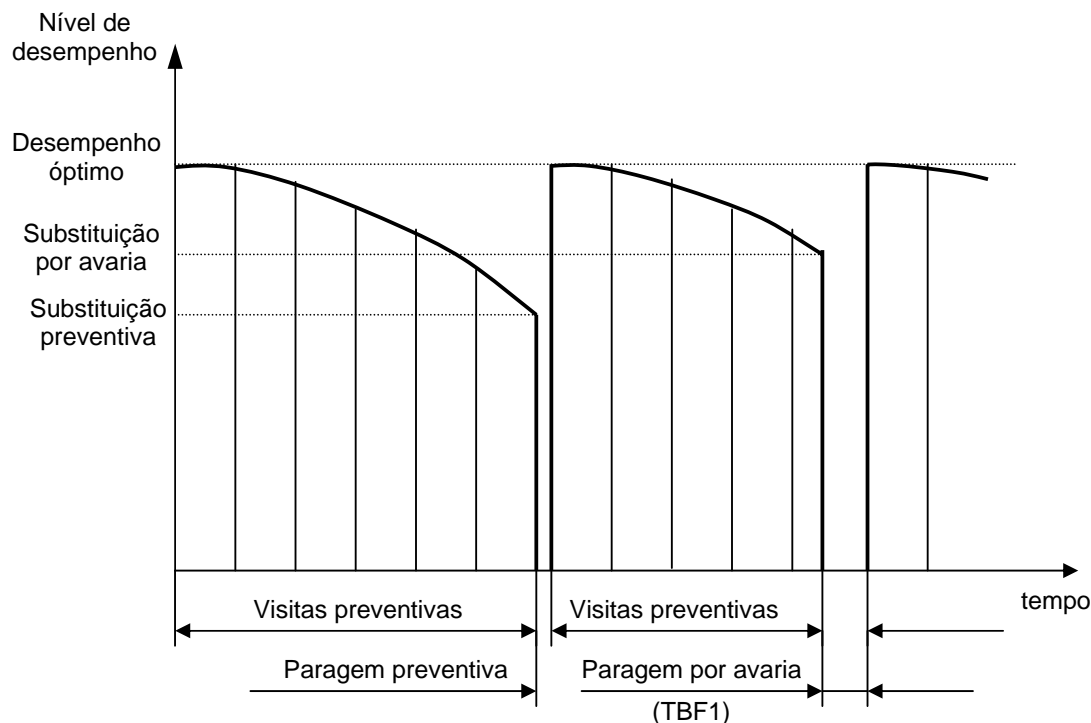
Para que os objectivos da Manutenção Preventiva resultem em benefícios efectivos, ressalta desde já que a maior dificuldade está na resposta à questão “ qual a periodicidade para intervir?”. Para alguns equipamentos, a resposta pode ser dada pelos fabricantes. Numa óptica de optimização devem ser utilizadas as informações internas, obtidas a partir das visitas preventivas. Estas informações podem provir de observações que põem em evidência uma lei de degradação ou da análise estatística, no caso de avarias súbitas e repetitivas. Surge assim a importância do parâmetro “tempo entre avarias” ou TBF como contributo essencial para o elemento definidor daquela periodicidade, o MTBF.

A Manutenção Preventiva Sistemática é efectuada de acordo com um plano e um programa estabelecidos. O primeiro é determinado pelo tempo decorrido ou pelo número de unidades de utilização e tem por objectivos garantir e manter o desempenho dos equipamentos num nível elevado. O segundo é determinado pelo conjunto das acções a desenvolver nomeadamente lubrificações, verificações e substituições.

Na Manutenção Preventiva Sistemática, as periodicidades podem ser repercutidas em tempo absoluto ou de calendário nos casos de utilização regular dos equipamentos, e tempo relativo ou por unidades de utilização quando esta é irregular. Pode ainda ser classificada de absoluta, sem visitas preventivas entre as substituições, ou vigiada. Neste último caso, as visitas preventivas visam controlar e estimar as diferenças entre o estado constatado, o estado actual e um hipotético estado futuro, para determinação do TBF.

A Manutenção Preventiva Sistemática é por excelência aplicada nos seguintes casos:

- Equipamentos com elevados custos de avaria;
- Equipamentos onde a ocorrência de uma avaria pode implicar a paragem da instalação;
- Equipamentos onde a ocorrência de uma avaria pode colocar em causa a segurança das pessoas;
- Equipamentos onde a ocorrência de uma avaria pode provocar paragens longas.



**Figura 1.9 – Manutenção Preventiva Sistemática [14]**

Na figura anterior pretende mostrar-se a evolução da degradação, normalmente conhecida, de um item substituído preventivamente. Após completado o primeiro ciclo tem lugar o início de novo ciclo, interrompido por avaria daquele item. Esta ocorrência implica, normalmente, paragens mais demoradas e sustenta a já referida complementaridade da Manutenção Curativa. Pretende ilustrar-se ainda que, não obstante ser um objectivo das acções preventivas, a ocorrência de avarias fortuitas é um facto na Manutenção Preventiva Sistemática.

Sendo a gestão da Manutenção Preventiva Sistemática relativamente fácil, Ferreira [5] aponta-lhe um defeito: o facto de o MTBF ser considerado constante e não decrescente, dada a sua evolução com o tempo de utilização. Acrescentaríamos ainda que a necessidade de “fazer coincidir no tempo” os vários MTBF's, correspondentes a outros tantos itens a substituir, para que todas as operações se realizem num único momento, minorando a imobilização do equipamento, é outro defeito particular deste modelo.

A Manutenção Preventiva Condicionada consiste na medição de parâmetros e acompanhamento da sua evolução. Ao ser atingido o valor de alarme, o órgão ou componente com evidência experimental de avaria eminente, é substituído preventivamente. Esta breve descrição do modelo levanta, desde já, algumas dificuldades:

- Necessidade de estabelecer uma correlação entre um parâmetro mensurável e o estado do sistema;
- Determinação do valor de alarme;
- Existência de degradação progressiva e detectável.

Na Manutenção Condicionada, a leitura das medidas e a colecta dos dados podem ser efectuadas segundo três formas:

- Estrita ou de vigilância contínua onde os equipamentos são vigiados de modo continuado, permanentemente monitorizados;
- Larga ou de vigilância periódica onde a leitura dos parâmetros é feita com uma determinada periodicidade, normalmente coincidente com as visitas preventivas;
- Integrada ou de auto-vigilância executada pelo operador do equipamento.

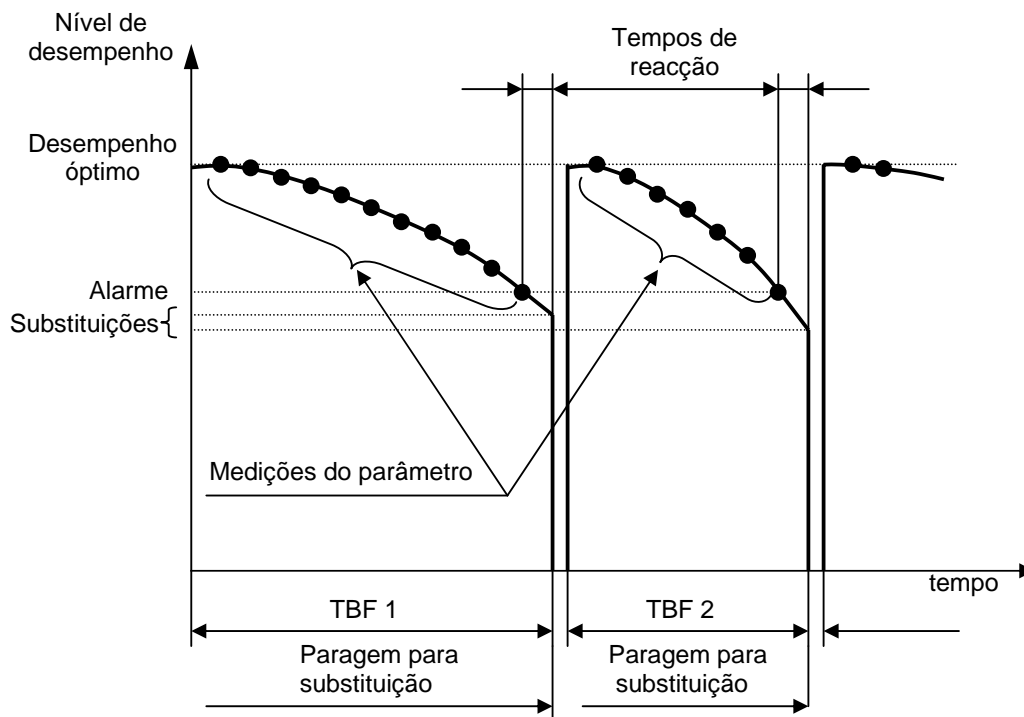
Em face dos investimentos necessários à sua implementação, seja na fase de projecto ou quando em exploração, a Manutenção Condicionada é habitualmente considerada mais dispendiosa do que a Sistemática sendo, em nosso entender, complementares entre si. Numa perspectiva dos custos do ciclo de vida, parece-nos que a Condicionada tende a ser, globalmente, menos onerosa.

A Manutenção Preventiva Condicionada, cujo lema se resume ao “ se funciona bem não mexa”, apresenta algumas vantagens em face à Sistemática, que se resumem:

- Utilização plena do potencial dos órgãos e equipamentos;
- Redução do consumo e do stock de peças sobresselentes;
- Redução do número de intervenções ao estritamente necessário;
- Redução substancial da componente Manutenção Curativa residual.

E as desvantagens:

- Dificulta o planeamento das reparações e das renovações dos “stocks” de peças sobresselentes;
- Requer pessoal mais habilitado;
- Requer bases de tratamentos de dados mais potentes;
- Implica uma gestão individualizada da programação das intervenções;
- Introduz a necessidade de controlar os equipamentos de medida.



**Figura 1.10 – Manutenção Preventiva Condicionada [14]**

Na figura anterior pretende-se ilustrar a evolução ao longo do tempo de um órgão ou equipamento, submetido à Manutenção Preventiva Condicionada. São visíveis duas curvas de degradação distintas, embora igualmente progressivas, que conduzem à substituição preventiva. Após cada intervenção é retomado o serviço com um nível de desempenho óptimo. A medição dos parâmetros é entendida como efectuada em simultâneo com as visitas preventivas.

Em face ao exposto, podemos concluir que não há um tipo de manutenção ideal, existindo sim uma evidente complementaridade entre eles.

#### 1.4.6 Organização da Manutenção

Na prossecução dos objectivos da Manutenção, a organização da mesma reveste-se da maior importância. Assim, o modelo de organização deverá ser estruturado segundo uma lógica decorrente daqueles objectivos. MIIT [11] refere a existência de duas questões fundamentais que não podem ser omitidas quando se aborda a organização da Manutenção:

- O equilíbrio entre a centralização e descentralização da Manutenção;
- A repartição das tarefas.

Embora se registem, actualmente, algumas tendências para a agregação funcional de algumas das tarefas da Manutenção, tradicionalmente identificam-se três grandes tipos – Métodos, Planeamento e Execução.

A função Métodos, que comporta parte substancial do trabalho de menor visibilidade, tem como objectivos elementares a organização e o estudo dos métodos de manutenção. Deve assegurar a gestão técnica dos materiais e equipamentos, efectuar análises de custos, a preparação das intervenções e a assistência técnica. São ainda tarefas dos Métodos a elaboração e apreciação dos cadernos de encargos para a subcontratação de trabalhos no âmbito da Manutenção e os estudos de viabilidade dos melhoramentos. Pela importância do seu contributo nos resultados finais, os meios subjacentes à função Métodos devem passar por profissionais devidamente habilitados, sensíveis à modernização e operando bases de dados de dimensão e responsabilidade assinaláveis.

A função Planeamento, cada vez mais agregada à execução propriamente dita, tem como objectivos a utilização racional dos meios humanos e materiais e a execução dos trabalhos dentro dos prazos. Assim, tem a seu cargo a gestão dos pedidos de trabalho e a emissão das respectivas ordens, a gestão dos “stocks” de materiais destinados à manutenção e o controlo dos canais de informação.

À função Execução cabe a realização do trabalho em si, devendo assegurar os padrões de qualidade e segurança definidos, e a respectiva afectação de horas.

Tradicionalmente, a evolução natural dos executantes mais habilitados prossegue para o planeamento. Assim e dada a proximidade de objectivos entre aquelas funções, é compreensível que as mesmas se reagrupem, proporcionando algumas economias de escala e eliminando alguns potenciais conflitos. Esta prática é, em nosso entender, fundamental para garantir o melhor desempenho da equipa na perspectiva em que planear consiste no ajustamento dos meios existentes às necessidades previstas e imprevistas. Se se entender o acto de planear como uma acção dinâmica, que é, então será mais fácil se dispusermos dos meios. Deste modo, conciliam-se, pensamos, dois dos indicadores mais importantes da Manutenção moderna, a componente operacional da fiabilidade e a disponibilidade dos equipamentos.

Sendo claro que só da harmoniosa conjugação da totalidade das tarefas da função Manutenção resulta uma acção eficaz, não podemos deixar de salientar o papel da função Métodos, ou mais propriamente Gabinete Técnico da Manutenção, no embate que significa a

entrada ao serviço de equipamentos mais evoluídos a par das novas exigências no campo da manutibilidade.

Referida como uma questão fundamental da organização da Manutenção, a opção por uma estrutura mais ou menos centralizada merece uma análise cuidadosa dos factores que a possam condicionar.

Segundo MITT [11], destacam-se:

- A dimensão e a dispersão geográfica das instalações;
- A diversidade, a complexidade e sensibilidade dos equipamentos;
- A diversidade das especialidades envolvidas.

De seguida, enumeram-se algumas das vantagens da centralização:

- Melhores conhecimentos e domínio dos custos;
- Melhor utilização dos meios afectos;
- Melhor gestão do pessoal;
- Melhor uniformização dos critérios de codificação e dos processos de organização de gestão e informação;
- Melhor circulação da informação.

Por outro lado, a descentralização permite:

- Melhor delegação de responsabilidades;
- Melhor relacionamento com a produção;
- Constituição de equipas polivalentes;
- Maior motivação do pessoal afecto.

Sendo certo que as tecnologias da informação aproximam as vantagens de um modelo ao outro, pensamos que a dispersão das instalações é o único factor de peso para a defesa de um modelo descentralizado.

A estrutura da Manutenção reflecte, em maior ou menor grau, a dimensão da empresa, a sua complexidade, o valor dos investimentos nos equipamentos, as políticas e os modelos de gestão. Assim, destacam-se três formas de estrutura de Organização da Manutenção – por especialidade, funcional e operacional. A análise a cada uma destas formas considera que a Gestão da Manutenção se encontra em linha, ou ao mesmo nível hierárquico, com a Gestão da Produção.



A organização por especialidade, onde as várias especialidades estão agrupadas por secções, é mais aconselhada quando a manutenção curativa é residual ou não assuma grande importância. A capacidade de resposta, especialmente em acções não programadas, por envolverem normalmente vários intervenientes de especialidades diferentes, é pouco eficiente. A ultrapassagem deste “handicap” assenta muitas vezes no estabelecimento de redes de relacionamento informal, que por sua vez facilitam a transferência de responsabilidades. A programação dos trabalhos também é prejudicada por depender do relacionamento existente entre as coordenações das várias especialidades. Os pontos fortes deste modelo estão na boa formação profissional que os operacionais vão adquirindo e na garantia de que a chefia directa provém da mesma especialidade dos operacionais que comanda.

A organização funcional, onde as várias especialidades se encontram dispersas pelas várias secções, é mais adequada quando a manutenção curativa tem um peso significativo na actividade. É igualmente eficaz na prossecução dos trabalhos planeados, facilitando a programação, embora com prejuízo para a formação profissional dos operacionais. A coordenação da equipa pode ser prejudicada pela existência das várias especialidades.

A organização operacional consiste na inexistência estruturada de equipas, onde a constituição das mesmas é esporádica, condicionada às necessidades. Para além de impedir a formação profissional, este modelo prejudica as expectativas de carreira. É uma estrutura racionalizada e plena de maleabilidade, indicada para empresas que se dediquem à prestação de serviços na área da Manutenção.

Os prós e os contras de cada forma de organização conduzem a que cada caso seja um caso, ou seja, dificilmente se porá em prática um modelo puro se o mesmo não se adequar aos objectivos globais da empresa.

#### **1.4.7 Qualidade e Manutenção**

Na linguagem corrente, a noção de qualidade surge relacionada com aspectos subjectivos e não mensuráveis dos produtos/serviços.

A afirmação de que um veículo de características todo-o-terreno tem mais qualidade do que uma viatura de estrada, por si só, demonstra a subjectividade do referido, especialmente quando o objectivo é adquirir uma viatura de estrada.

Por qualidade entende-se a aptidão de um produto/serviço para satisfação das necessidades dos utilizadores. Estas podem ser de dois tipos:

- Definidas pelo utilizador através de contratos, encomendas ou Normas
- Definidas pelo produtor através de “feed-back” do mercado

Para Fey e Gogue [7], a qualidade exprime-se, verdadeiramente, por um conjunto de características medidas que se pode comparar com um outro conjunto de características previstas na definição do produto/serviço.

A qualidade é assim uma grandeza multidimensional, onde se podem estabelecer inúmeros referenciais, no limite um por cada utilizador.

Embora seja um exercício de grande relativismo, as componentes da qualidade podem ser agrupadas em classes. Exemplificando a análise, não exaustiva, da qualidade de um automóvel, resumem-se as principais componentes:

- **Características:** as componentes da qualidade que não concernem directamente ao funcionamento ou modo de utilização do produto/serviço - dimensões, peso e potência.
- **Desempenho funcional:** o que é directamente apercebido pelo utilizador no que diz respeito à função principal que o produto/serviço deve cumprir - velocidade, aceleração e consumo.
- **Disponibilidade:** é o conjunto de factores que fazem intervir a noção de tempo - fiabilidade e intervalo entre revisões.
- **Segurança:** conjunto de factores que concorre para a segurança dos produtos em face das pessoas - sistemas de travagem e comportamento dinâmico.
- **Factores sensoriais:** factores que não concernem directamente ao funcionamento do produto, mas concorrem muitas vezes para o conforto ou prazer do utilizador - “design” da carroçaria e conforto da suspensão.

A gestão da qualidade assenta assim na conciliação de dois princípios fundamentais, a satisfação do cliente e a rentabilidade da empresa, comuns à função Manutenção. Na figura seguinte esquematizam-se os factores e áreas da qualidade em manutenção.



Figura 1.11 – Factores e áreas da Qualidade

### 1.4.8 Custos da Manutenção

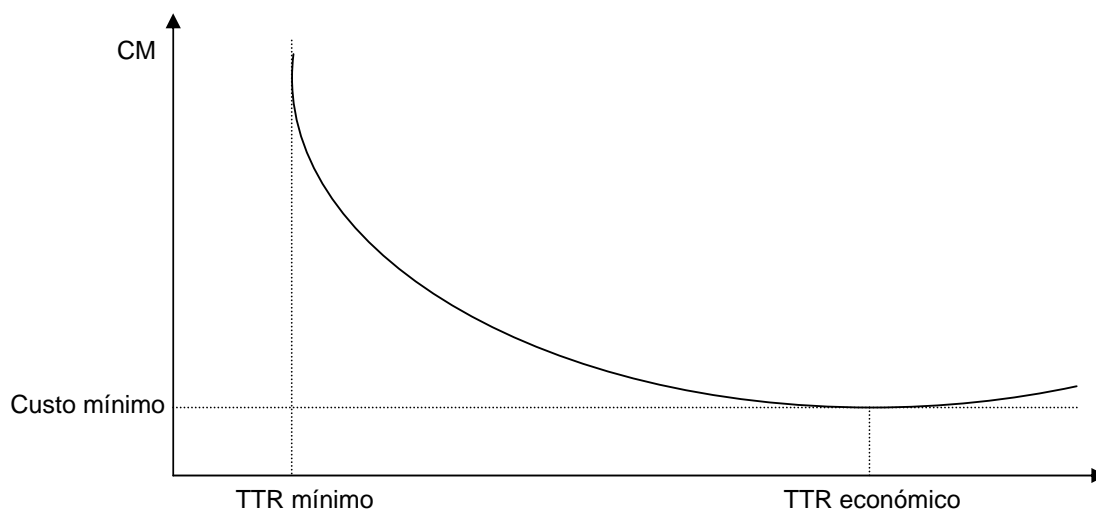
O preço final de um bem produzido comporta, entre outros, os custos inerentes à manutenção. Estes podem atingir valores relativos com algum significado, cerca de 10% no caso em estudo logo uma parcela não negligenciável, acentuando a importância estratégica da análise dos custos.

Ferreira [5] considera dois tipos de custos em manutenção, directos e indirectos.

Os custos directos, numa dada intervenção, resultam de:

- Mão-de-obra: produto do tempo gasto pela taxa horária
- Peças substituídas e consumíveis utilizados: valor da factura de compra, mais os custos de transporte e execução da encomenda
- Trabalhos subcontractados: valor da factura emitida pela entidade prestadora do serviço, acrescido de uma parcela, decorrente do apoio técnico como elaboração do Caderno de Encargos, selecção do subcontratante ou controlo da qualidade
- Contratos de manutenção: valor constante do clausulado referente às obrigações pecuniárias, ao qual poderá ser, eventualmente, acrescida uma parcela onde se incluam custos com a avaliação e negociação do contrato ou de posterior verificação da conformidade
- Custos globais da Manutenção: custos fixos e acessórios à manutenção como o apoio administrativo, climatização ou telefones
- Custos de posse de “stock”: gastos inerentes à posse dos materiais em armazém, bem como à existência do próprio armazém e do pessoal adstrito
- Custos de posse de ferramentas e máquinas: custos caracterizados por uma taxa de amortização, compreendendo uma desvalorização, por uso ou obsolescência, e um valor residual
- 

De acordo com o mesmo autor, os custos directos de uma intervenção podem relacionar-se com o tempo total de reparação (TTR), através da curva  $CM = f(TTR)$  conforme figura:



**Figura 1.12 – Custos directos de manutenção [5]**

O TTR vai depender dos meios disponíveis no serviço de Manutenção. Objectivando o TTR económico, ordenada do custo mínimo, devem ter-se em conta os custos globais induzidos na instalação para concretização daquele objectivo.

Por outro lado e ainda segundo Ferreira [5], os custos indirectos ou de perda de produção englobam:

- Custos de desclassificação: consideram perdas dos produtos não fabricados, matérias primas em curso de transformação, perdas de qualidade e perdas de produtos desclassificados
- Custos de inactividade: inerentes à mão-de-obra da produção, quando inactiva
- Custos de inoperacionalidade: despesas da amortização dos equipamentos parados
- Despesas induzidas: custos por não cumprimento dos prazos, penalidades, perda de clientes ou fraca imagem, por perda da qualidade na fabricação e por arranque dos processos de produção

Cabral [2] enfatiza que os verdadeiros custos da manutenção, ou aqueles que exprimem realmente o desempenho da função, não são os custos directos. Diríamos que estes custos são a parte visível e mais facilmente quantificável da totalidade dos custos da manutenção. Uma boa ilustração é dada pelo Iceberg de custos.

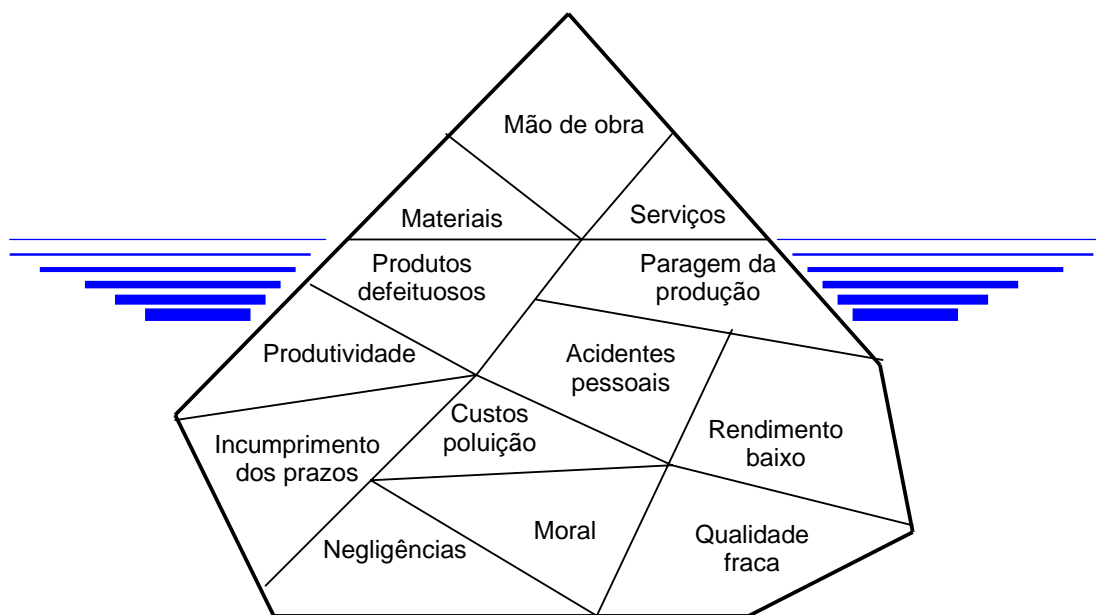


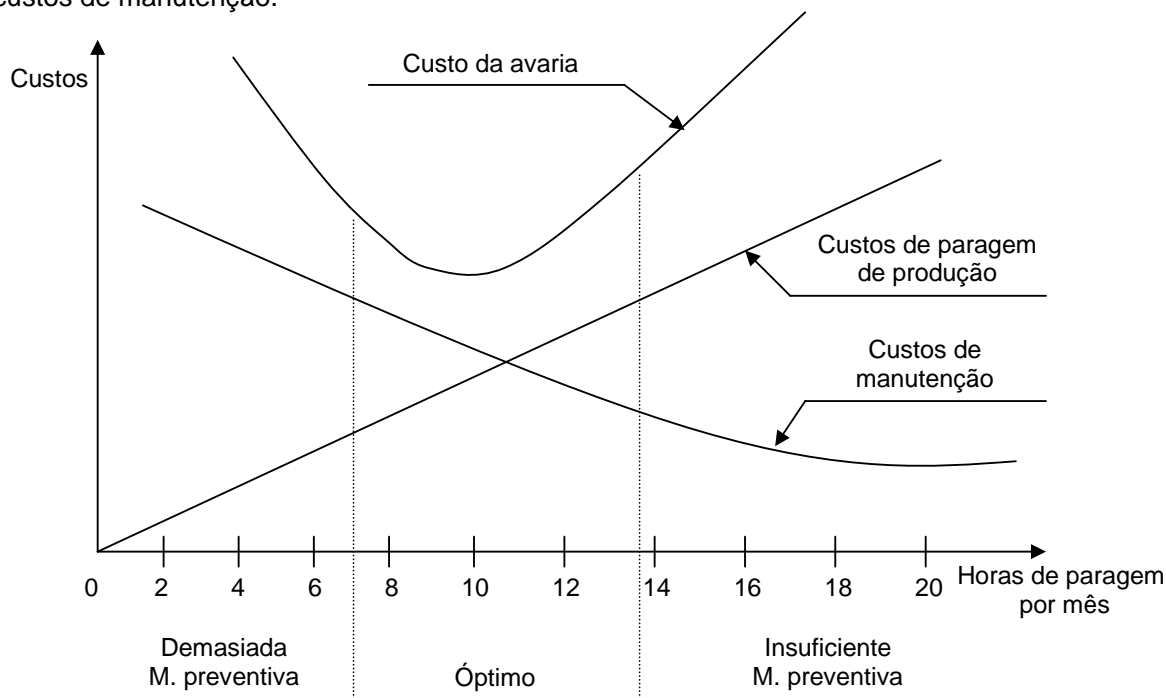
Figura 1.13 – “Iceberg” de custos [2]

A grandeza de algumas das rubricas dos custos indirectos, não obstante as dificuldades na sua quantificação, podem ser inferidas através de rácios que exprimam uma relação entre parâmetros visíveis e não visíveis. Estes rácios ou indicadores de desempenho, constituem uma das técnicas mais usadas no “benchmarking”.

Assim, na actividade específica do transporte pesado de passageiros é vulgar o indicador [Homem/Veículo x km] que relaciona o efectivo com a produção, sendo considerado uma medida de produtividade. Outro indicador amplamente associado à manutenção nesta actividade é o [Homem/Autocarro].

Por si só, os valores destes rácios são abstractos, sendo necessária a comparação com o mesmo indicador de outros operadores.

Monchy [14] complementa a abordagem dos custos verificando a existência de um nível óptimo de manutenção preventiva para o custo mínimo de avaria. Para o efeito, considera que os custos de paragem de produção ou indirectos, associados à avaria, evoluem de forma inversa aos custos de manutenção.



**Figura 1.14 – Otimização dos custos [14]**

Naquilo que poderíamos classificar por tentativa de simplificação, este modelo engloba na mesma componente de custo os dois tipos de manutenção preventiva, a sistemática e a condicionada. Apesar do carácter preventivo comum aos dois tipos, cada um determina resultados a custos diferenciados. A execução da despesa pode ser entendida constante ao longo do tempo no tipo preventivo sistemático e quase sempre concentrada no instante  $t=0$  no tipo preventivo condicionado.

O descrito tem como denominador comum a observância dos custos à “posteriori”, ou seja, somente após a realização da despesa é que é apreciado o valor relativo dos custos. Em Manutenção este aspecto é da maior importância dado o carácter imprevisível de grande parte das avarias, com as consequências que daí advêm, não só em relação à componente custo directo mas fundamentalmente em relação aos custos de imobilização e de indisponibilidade. Na óptica das empresas, mais importante do que saber quanto custou é saber quanto vai custar. Este aspecto é enfatizado por Assis [1] que atribui aos custos passados a designação de “custos irrecuperáveis”.

Aquando da tomada de decisões relativamente à gestão dos equipamentos devem ser considerados os custos de manutenção, das avarias, o custo médio de funcionamento, o custo global de posse, os custos acumulados, a verificação do período de lucro, em suma; a observação dos acontecimentos de ordem económica ao longo da utilização.

A consideração do custo do ciclo de vida do equipamento ou LCC (Life Cycle Costing), que engloba todos os custos desde o projecto até ao abate, é uma abordagem dos custos de grande importância.

O objectivo da análise LCC é a escolha da abordagem mais favorável em termos de custos, por forma a que sejam menores durante a vida útil do equipamento. O LCC permite ao técnico a justificação para uma aquisição ou a escolha de um processo, baseando-se nos custos totais e não nos custos iniciais.

No LCC são consideradas quatro componentes de custos:

- Custos de investimento;
- Custos de manutenção;
- Custos de operação;
- Custos de desactivação.

Geralmente os custos de investimento representam uma pequena parte dos custos de LCC, como se representa na figura seguinte:

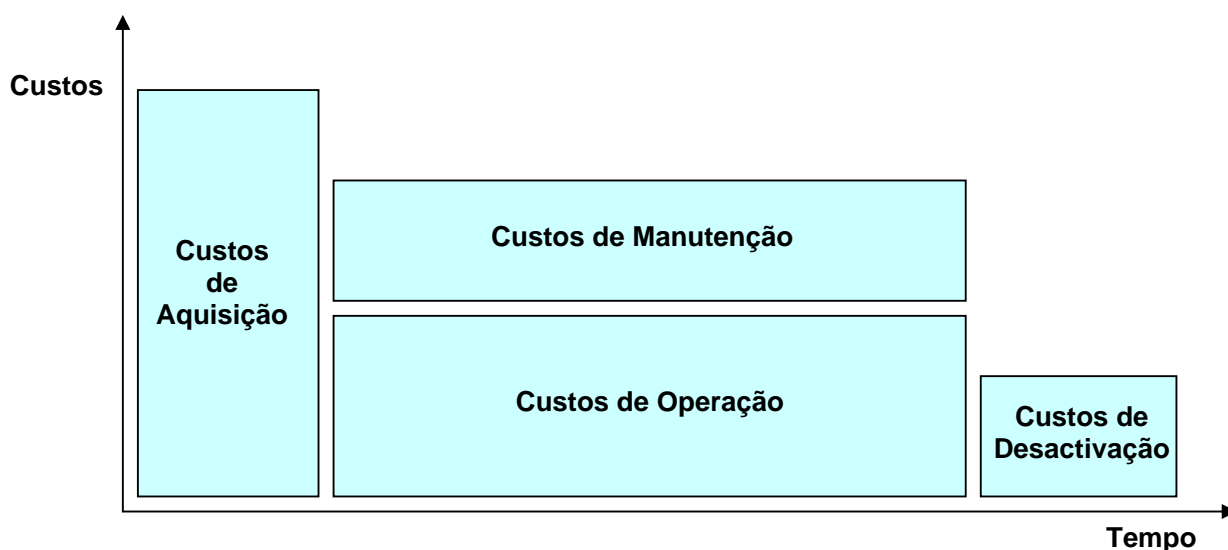
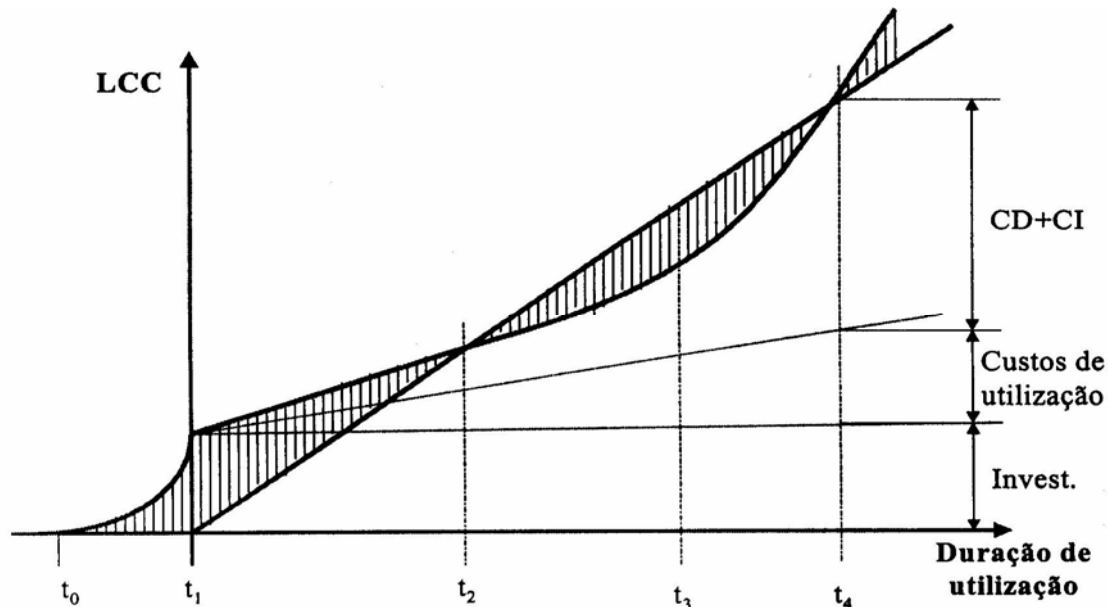


Figura 1.15 – Custo de ciclo de vida [1]



Onde:

$t_0$  – Decisão de compra  
 $t_1$  - Arranque  
 $t_2$  - Fim da amortização

$t_3$  - Rendibilidade máxima  
 $t_4$  - Recondicionamento  
 $(t_4 - t_2)$  - Período de rendibilidade

Neste gráfico está contido todo o ciclo de custo de vida do equipamento. No entanto, esta análise pode ser utilizada em equipamentos que estejam no decurso da sua vida útil. Para tal, basta que disponhamos dos custos acumulados até à data em que se realiza o estudo.

Com a nova ordem económica mundial, também designada por globalização, o aumento da competição entre as empresas tem implicado profundas reestruturações organizacionais na procura de maior flexibilização e eficiência. Até agora, uma das respostas mais comuns aos novos desafios tem sido a redução em tamanho das organizações, o “downsizing”. As sinergias da empresa são exclusivamente focalizadas para o produto/serviço fundamental, o “core-business”, e as actividades subsidiárias passam a ser encomendadas ao exterior, ou seja; a aplicação dos recursos é concentrada nas acções, das quais se retiram mais valias. A Manutenção é uma das actividades onde se verifica uma acentuada tendência no sentido da recorrência à subcontratação, Villar [34].



Os problemas de organização, de formação e de adaptação, induzidos pelas evoluções e inovações tecnológicas são, em geral, difíceis de suportar pela própria empresa, constituindo-se como outro dos factores que potencia a subcontratação da Manutenção.

Souris [32], embora num contexto diferente do actual, considera que devem ser externalizadas todas as actividades dificilmente domináveis em tempo e meios, tais como:

- Tarefas afastadas do objectivo de produção fundamental da empresa
- Variações da carga de trabalho, nomeadamente por arranque de novos equipamentos
- Sobrecarga da actividade sazonal durante as paragens de produção
- Reconstrução ou reabilitação de equipamentos

Neste modelo de acção, a entidade subcontratada é confinada ao papel de mero executante dos trabalhos, ficando as acções subsequentes a cargo da empresa contratante. A responsabilidade da subcontratada cessa após a concretização da reparação ou do vencimento do período de garantia.

No quadro evolutivo que vimos traçando podem situar-se três fases distintas:

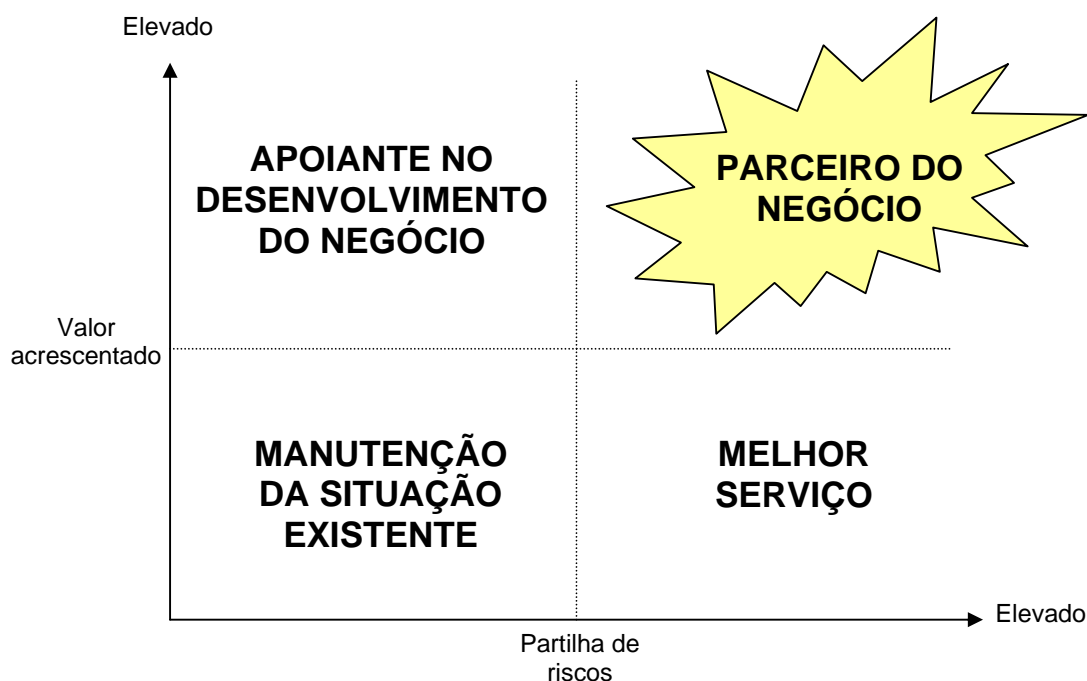
- “Insourcing”, no qual as empresas concentram em si todas as actividades inerentes à Manutenção
- “Outsourcing” parcial, através do qual as empresas subcontratam tarefas específicas e onde Souris parece situar-se
- “Outsourcing” total ou Parceria, onde a gestão e execução da Manutenção está concentrada num prestador de serviços externo

Neste mesmo quadro e numa óptica de sobrevivência, assiste-se à adaptação e à criação de empresas prestadoras dos serviços de Manutenção, perspectivando a exploração de novas áreas de negócio. Assim, já existem no mercado parceiros que desenvolveram competências por forma a darem resposta às solicitações da função Manutenção, numa perspectiva globalizante e integrada, contribuindo por esta via para a optimização dos activos das instalações industriais e consequente aumento da rentabilidade dos seus clientes. Entretanto, as empresas de sucesso estão a concentrar-se no seu núcleo de negócio, recorrendo cada vez mais a parcerias de média/longa duração, Mendonça [10].

Este modelo de parceria estabelece e exige relações mais abrangentes entre empresas contratadas e contratantes, considerando aquelas como partes interessadas no negócio, logo sugerindo objectivos comuns, que devem ser aferidos periodicamente, e elevados níveis de confiança mútua. Assim, a implementação de uma parceria deve ser condicionada pelas circunstâncias e metodologias dos parceiros.

É nosso entendimento que os objectivos fundamentais de uma parceria na área da Manutenção não se distinguem dos objectivos dos modelos de Gestão da Manutenção

tradicionais. Assim, continuam a ser claramente identificados como objectivos a redução dos custos, a rentabilização da produção e o aumento da disponibilidade dos equipamentos. Para os defensores deste modelo de gestão da Manutenção, a diferença fundamental está na atitude dos parceiros do negócio, onde assumem uma maior partilha dos riscos, visando a obtenção do maior valor acrescentado, conforme se apresenta na figura seguinte:



**Figura 1.17 – Relacionamentos numa parceria [9]**

Para Mendonça [10], os ganhos esperados de uma parceria assentam na redução dos custos directos de manutenção (serviços de apoio e supervisão, recursos humanos, subcontratação de serviços, materiais e peças de reserva) e no aumento da produtividade (disponibilidade, eficiência e fiabilidade).

Embora não pareçam ser negligenciáveis os ganhos esperados numa parceria, pensamos que, no momento de a concretizar, devem ser equacionados os riscos e os benefícios daquela ligação. Nos textos consultados não observámos a indicação dos perigos que possam advir, sendo que é por demais evidente que a parte contratante tenderá a esvaziar-se do conteúdo técnico, colocando-se na dependência do parceiro.

## **1.5 Organização da tese**

Este trabalho é composto por cinco capítulos:

No primeiro capítulo, que se entende subdividido em quatro partes, procuramos introdutoriamente fazer o enquadramento do problema, formulação do problema, definir os objectivos do presente trabalho e por ultimo dissertar sobre a manutenção.

No segundo capítulo é feita a apresentação dos equipamentos de estudo.

No terceiro capítulo é abordada a metodologia RCM e FMECA.

O quarto capítulo reporta concretamente ao caso em estudo, gestão e manutenção dos equipamentos, com aplicação dos modelos teóricos explicitados no terceiro capítulo.

Finalmente, no quinto e último capítulo, são apresentadas as conclusões referentes ao caso estudado e possíveis sugestões para trabalhos futuros.

## Capítulo 2 – O EQUIPAMENTO – Equipamentos de manutenção e conservação de infra-estruturas ferroviárias

### 2.1 Perspectiva histórica dos equipamentos de manutenção e conservação de infra-estruturas ferroviárias

A história dos equipamentos ferroviários inicia-se entre o final do século XVIII e o início do séc. XIX. A revolução industrial foi a grande impulsionadora para que hoje estejamos numa situação tecnologicamente muito avançada. Tanto mais que a revolução industrial estava de certa forma direccionada para a indústria têxtil, foi nessa altura que se deu início ao aparecimento da era do carvão e do aço. Então, o Homem procurava obter por parte da natureza novas formas de criar uma força motriz que fosse capaz de responder às suas necessidades, bem como novos meios de transporte, isto porque os meios de então já se revelavam insuficientes para as necessidades existentes. Deu-se início a uma evolução extraordinária que procurou as respostas a esse crescendo de desafios.

No início a manutenção e conservação da via eram efectuadas manualmente, tarefas essas que exigiam um grande esforço físico por parte dos operários, em 1953 construíra-se assim a primeira atacadeira hidráulica, máquina essa que veio permitir melhor qualidade do trabalho, menor tempo na execução e menor intervenção humana.

A evolução da tecnologia de ataque do balastro influenciou as fases decisivas de desenvolvimento na manutenção de via mecanizada (automatizada).

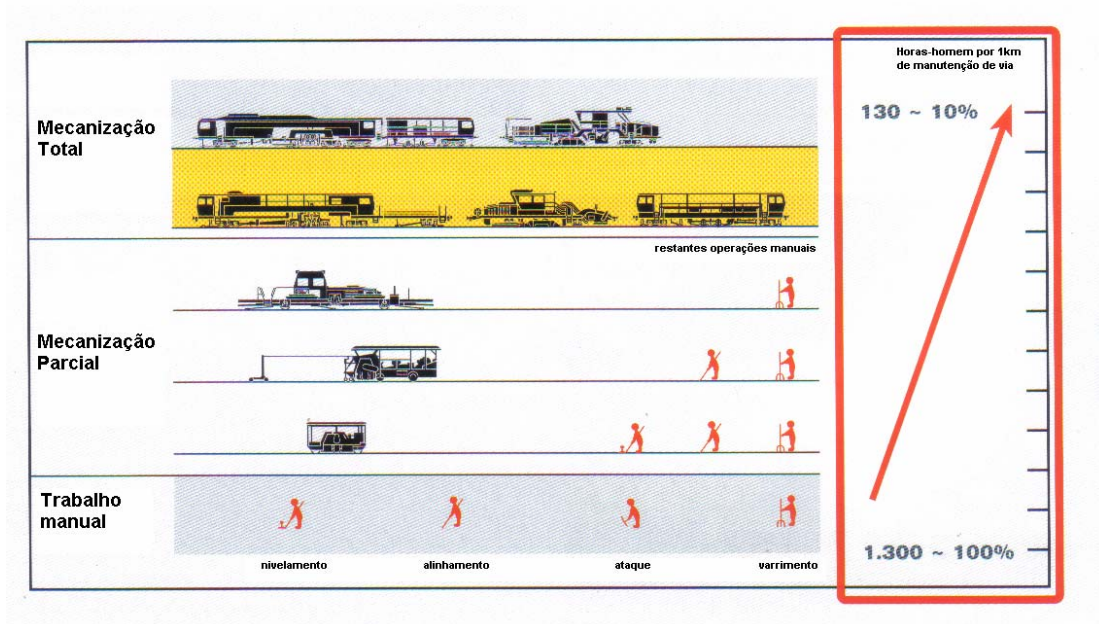


Figura 2.1 – Evolução das máquinas de ataque de via [21]

#### A evolução das máquinas de ataque de linha continua

- 1953 projecto e construção da primeira atacadeira hidráulica HGL
- 1955 começo da produção em série da atacadeira hidráulica VKR 01
- 1960 primeira atacadeira com nivelamento VKR 04
- 1965 primeira atacadeira de duas travessas Duomatic
- 1971 primeira atacadeira com nivelamento da série 07, como veículo ferroviário
- 1977 primeira atacadeira com movimento articulado série 08
- 1984 primeira atacadeira de linha continua 09 CSM
- 1996 primeira atacadeira de três travessas de linha continua 09-3X
- 2001 primeira atacadeira de três travessas com estabilização integrada 09-3X Dynamic Express



**Figura 2.2 – Evolução das máquinas de ataque de linha [22]**

Quando a Plasser & Theurer apresentou a primeira Atacadeira hidráulica no início dos anos cinquenta, iniciou-se um espantoso desenvolvimento na mecanização da via permanente.

#### Introdução da Hidráulica

Desde o início a aplicação da hidráulica foi uma característica padrão das atacadeiras Plasser & Theurer. Isto oferece uma maior confiança na operação, também com relação à influência da unidade. Os componentes hidráulicos da máquina têm uma melhor relação peso/potência do que qualquer outro sistema de accionamento. Os incontáveis números de aplicação sem a ocorrência de defeitos em todo o mundo são a evidência da alta confiabilidade das atacadeiras Hidráulicas. As primeiras atacadeiras hidráulicas com o princípio assíncrono tinham uma base rígida de quatro metros e os grupos de ataque ficavam localizados entre os eixos.

### Projecto em cantilever

Em meados dos anos cinquenta a primeira atacadeira foi construída em cantilever, a Plasser VKR 01. O grupo de ataque foi posicionado à frente do primeiro eixo, no estilo cantilever (em balanço). Tal estilo foi mantido até o final dos anos sessenta. Mais e mais operações de trabalho foram incorporadas às máquinas. O levantamento e nivelamento deixaram de ser realizados manualmente à frente da atacadeira, e sim através dos dispositivos instalados na própria máquina, bem como o alinhamento da via.

### As séries 07 e 08

Em 1971 a Plasser & Theurer lançou a série 07 no mercado, um moderno conceito de máquina para atender ao crescente número de linhas de alta velocidade e aos intervalos de manutenção cada vez mais curtos: atacadeiras, niveladoras e alinhadoras em um projecto compacto, com características de veículo ferroviário padrão. Todas as unidades de trabalho eram localizadas entre os eixos.

Isto foi seguido pela introdução da série 08: atacadeiras com uma grande distância entre eixos, equipadas com truques e com um vagão integrado e articulado para transporte de materiais.

### A série 09

Em 1983 a primeira atacadeira de acção contínua entrou em serviço regular na linha. Novamente a Plasser & Theurer havia realizado um grande avanço na manutenção da via permanente: a produção das máquinas da série 09 era cerca de 50% maior do que qualquer outra máquina até então em uso.

Com o lançamento da 09-3X em 1996, a primeira atacadeira de acção contínua para três travessas do mundo, um novo e substancial incremento na produtividade da manutenção da via permanente foi alcançado.

Grande capacidade, precisão e fiabilidade são os três requisitos na produção das linhas ferroviárias modernas.

Vias de melhor qualidade permitem que os ciclos de manutenção sejam expandidos ou seja boas vias são portanto muito mais rentáveis economicamente. Este facto aponta para a grande importância de grande qualidade inicial, consequentemente possibilidade de melhor execução das operações de manutenção.

Grande capacidade, precisão e fiabilidade, são portanto as expectativas colocadas nas modernas máquinas de manutenção de via. Conforme melhor trabalharem juntamente os recursos disponíveis da máquina, maior serão os índices de produtividade. Alta velocidade de transferência, pequenos tempos de set-up, e a grande produtividade das máquinas permitem a ideal utilização de menores tempos de via interdita.

A via é recolocada na posição geométrica correcta por ataque e fixa pela produção específica de suportes de travessas. A pressão-continua não-sincronizada produz este efeito idealmente, atingindo uma durabilidade de geometria de linha muito superior do que com métodos de ataque de balastro com frequências mais altas e vibrações não lineares.

Altas velocidades de deslocação, períodos de set-up curtos e obviamente a alta produtividade permitem uma alta produtividade do local de trabalho.

A utilização total dos tempos de posseção de linha contribui, como forma de evitar estorvo na via, na direcção da redução global de custos no local de trabalho.

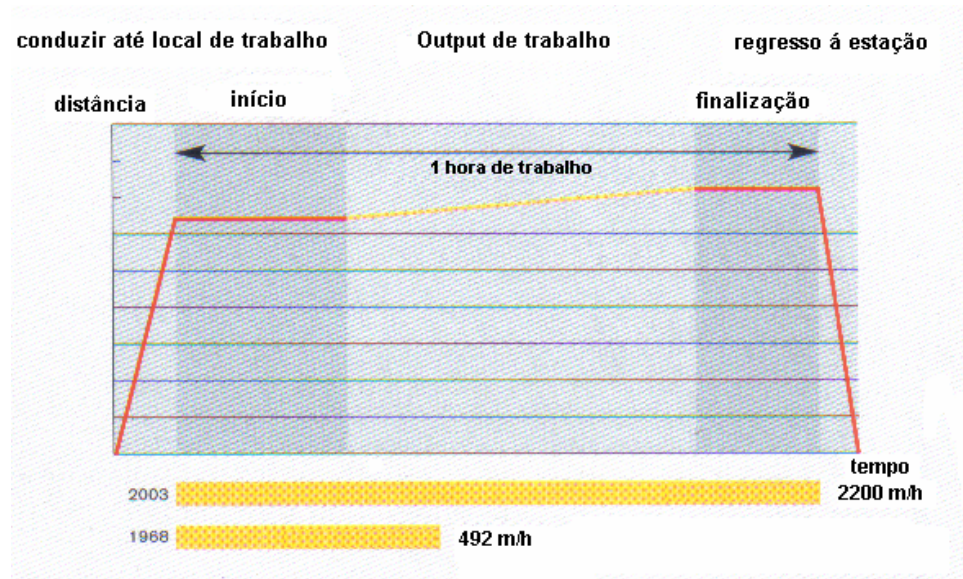


Figura 2.3 – Tempos de ocupação da linha [23]

A combinação de várias etapas de trabalho em máquinas complexas serve para otimizar as tarefas a serem completas. Ao longo de muitos anos, as máquinas multi-funções de acção contínua tem alcançado novos padrões.

A incorporação de estabilização dinâmica na linha continua e máquinas de ataque da série 09 reduz os tempos de operação no local, contribuindo na redução dos custos de manutenção.

#### Grupo de ataque multi-viga



A experiência ganha ao longo de muitos anos agora com a atacadeira de balastro de 3 travessas confirmou totalmente as expectativas colocadas na mesma. A qualidade do trabalho e a uniformidade subiu graças ao processamento de troço maior da via (3 travessas). Foi possível aumentar a velocidade de trabalho em 40% comparativamente com as máquinas anteriores mais rápidas, não só no peak output mas também na média de processamento (com performances acima de 2200m por hora),

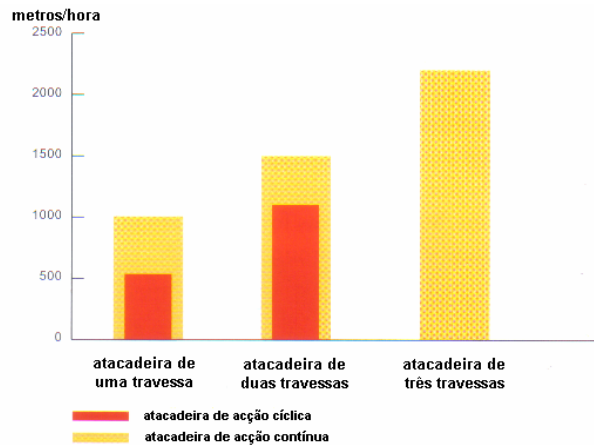


Figura 2.4 – Performances de processamento de via [23]

### Sensibilidade de controlo

Um controlo fiável de todas as funções da máquina é um factor importante para uma manutenção de elevada qualidade de aparelhos e linha contínua. O operador é apoiado pela moderna tecnologia de controlo. Controlos electrónicos de alta sensibilidade e sistemas de regulação são também utilizados pelos sistemas de nivelamento e alinhamento. Utilizando o CGV-5, software automático de ajuste de geometria de via, um sistema puramente baseado no comando da máquina, este é um poderoso sistema de controlo que combina vários valores de leitura e controlo.

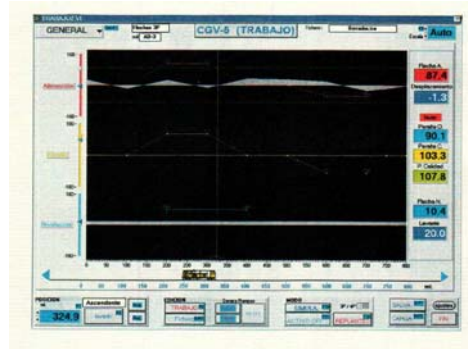


Figura 2.5 – Ecrã do software CGV-5 [25]

### Tecnologia com ferramentas centrais



A tecnologia com ferramenta central de duas travessas foi desenvolvida, pela excelente experiência alcançada com as atacadeiras de 3 travessas. Para esta unidade de via corrida, desenhos compactos são utilizados. Isto garante uma menor resistência de penetração da ferramenta (pioche) e uma maior durabilidade dos ataques, além da qualidade e durabilidade do trabalho de ataque. Um aumento na vida de serviço foi alcançado com a introdução das pioches de carbono de tungsténio.



**Figura 2.6 – Pioches de carbono de tungsténio[22]**

### Fiabilidade

Os fabricantes de máquinas de conservação e manutenção de via, estão empenhados em alcançar a máxima qualidade do produto. Alta disponibilidade de utilização e a longa vida de serviço das Atacadeiras provam isso repetidamente. Para os fabricantes, a fiabilidade significa investigação e desenvolvimento de forma a que novos avanços tecnológicos possam ser apresentados no mercado. A experiência e o know-how do maior fabricante de máquinas para montagem e manutenção de via, fornece soluções que não são ultrapassadas em termos efectivos e custo-eficiência.

Soluções inovadoras para todas as condições técnicas, geográficas e climáticas permitem escolher a melhor atacadeira para o serviço desejado. Uma grande gama de máquinas oferece a oportunidade para a escolha correcta, não só para linhas de alta velocidade mas também para linhas industriais e sistema de via ligeiros. Máquinas capazes de vários tamanhos e capacidades todas trabalham segundo o princípio de grande sustentabilidade, longa longevidade e qualidade do trabalho efectuado, até à próxima operação de manutenção.

### Tecnologia para maior qualidade

Manutenção-i.e. ataque, estabilização, e regulação do balastro das novas linhas e também linhas mais antigas é executada usando sistemas comprovados desenvolvidos pelos fabricantes

Para alcançar uma geometria de via perfeita os fabricantes utilizam o sistema não-sincronizado de pressão de ataque uniforme, que já deu provas mundialmente da sua eficiência. As

unidades de ataque trabalham com vibrações lineares direccionais e uma frequência ideal de vibração de 35 HZ.

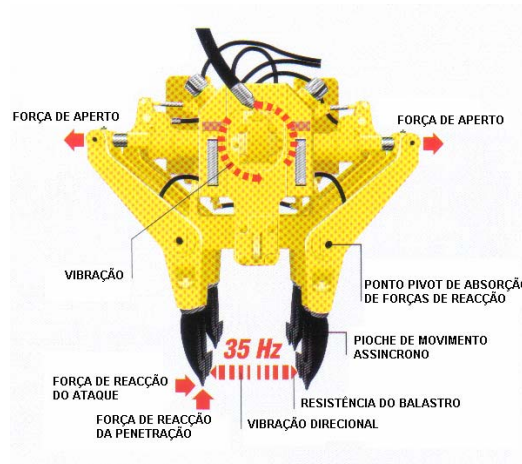


Figura 2.7 – Vibração ideal dos grupos de ataque [26]

### Frequência de 35 Hz

Um importante factor para a escolha da frequência de vibração pode ser visto no diagrama 1: com frequências até 35 Hz há uma força para cima e uma tendência de levantamento, enquanto que com frequências maiores, pode ocorrer um abaixamento do dormente, devido ao aumento das propriedades elásticas e fluidas do lastro.

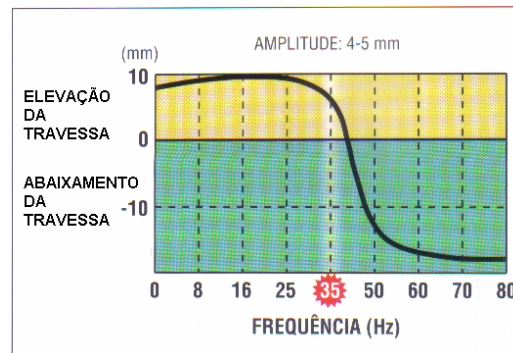
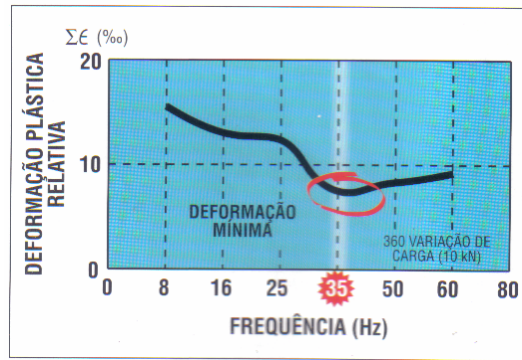


Figura 2.8 – Frequência vs elevação [21]

Um outro factor pode ser observado quando das pesquisas de durabilidade do ataque em relação às cargas dinâmicas. Embora frequências abaixo de 35 Hz produzam uma tendência de levantamento, a figura 2.8 demonstra que somente na faixa de 35 Hz ocorre uma deformação mínima do balastro. Também uma maior resistência no plano longitudinal é alcançada aqui com o ataque. Baixas frequências de vibração, tornam a penetração das ferramentas no balastro extremamente difícil.



**Figura 2.9 – Frequência vs deformação [21]**

Este princípio demonstrou a sua fiabilidade em inúmeros trabalhos realizados em todo o mundo. Linhas de alta capacidade por todo o mundo continuam a usar estas máquinas. A preparação de troços de linha para recorde mundial de velocidade foram também executadas usando máquinas de ataque com estas características.



**Figura 2.10 – As linhas de alta velocidade [21]**

Nos últimos anos a ferrovia tem feito grandes progressos como um moderno e competitivo meio de transporte. Comboios com altas velocidades, grandes cargas por eixo e densidade crescente do tráfego produzem novos desafios para a tecnologia de manutenção da via permanente.

Mas também as questões individuais, tais como características da rede ferroviária, condições climáticas ou as características económicas, devem ser levadas em conta.

### Máquinas e Sistemas

Em todo o mundo existem alguns fabricantes, da qual destacamos a Plasser & Theurer que é a única empresa que pode oferecer uma gama completa de máquinas, veículos e equipamentos para construção e manutenção da via permanente bem como para instalação e manutenção de catenárias.

As máquinas para vários tipos de operação, combinadas em sistemas, garantem a completa execução das operações de trabalho, de forma uniforme, simultânea e homogênea.

Máquinas fabricadas "sob medida", que podem ser combinadas para formarem um sistema, se adaptam de forma ideal a uma estrutura já existente, representando um grande desafio para o seu desenvolvimento, projecto e construção.

Além disso existe um compromisso especial da Plasser & Theurer para atender imediatamente as solicitações e sugestões especiais das ferrovias e para desenvolver soluções sob medida que irão atender a todas as exigências no campo da operação.

## **2.2 Conclusões do Capítulo 2**

Neste capítulo, procuramos introdutoriamente transmitir uma perspectiva histórica dos equipamentos de manutenção de infra-estruturas ferroviárias, conceito de funcionamento e exigências deste tipo de equipamentos pois podem estar a trabalhar em infra-estruturas para comboios de alta velocidade.

## Capítulo 3 – METODOLOGIA USADA – FMECA

### 3.1 Manutenção Centrada na Fiabilidade

Definimos sinteticamente RCM (“Reliability-centered Maintenance”) como o processo utilizado para determinar os requisitos de manutenção de um determinado bem físico, no seu contexto operacional.

A visão RCM (manutenção que trata da preservação da função dos bens), ao distinguir-se da visão tradicional (manutenção que trata da preservação física dos bens), aborda sete questões básicas, cuja resposta constitui a metodologia daquela estratégia. Assim:

- Quais as funções e performances do equipamento, no seu contexto de operacionalidade?
- De que forma é um bem incapaz de cumprir as suas funções?
- O que causa cada avaria funcional?
- O que acontece quando cada avaria ocorre?
- Qual a importância de cada avaria?
- O que pode ser feito para prever ou prevenir cada avaria?
- O que deve ser feito caso não se encontre a adequada tarefa proactiva?

Formulamos assim a resposta, para cada uma das questões:

- Funções: devem ser definidas as funções e a performance standard requerida de cada equipamento no seu contexto de operacionalidade. É dada particular ênfase à quantificação da performance standard do equipamento, não devendo esta ser demasiado superficial.

- Falhas funcionais: é definida como a incapacidade de um componente/ equipamento atingir a sua performance standard requerida. As falhas funcionais associadas a cada Função devem ser estabelecidas.

- Modos de falha: os modos de falha que causam cada falha funcional são identificados. Estes são as razões que a engenharia dá às falhas de um componente/ equipamento. A estratégia RCM concentra-se na determinação da raiz da causa da falha; esta é a razão pela qual as pessoas que “melhor conhecem o equipamento” devem aplicar uma análise RCM.

- Efeitos de falha: a cada modo de falha são associados os diversos efeitos de falha, isto é, nos documentos registam-se as consequências de cada modo de falha. Mais uma vez se reforça a importância que tem o trabalho ser executado por alguém que lide directamente com o equipamento, sob pena de serem extraídas ilações erradas para efeitos de manutenção.

- Consequências da falha: são caracterizadas por quantificar a importância de cada modo de falha. Basicamente, as consequências de falha estão agrupadas de 4 formas:

- 1- “Falhas escondidas”, que em si não têm consequências directas, mas expõem o sistema a riscos graves ou muito graves;
- 2- Consequências de carácter ambiental ou de segurança, em que uma falha possa ferir ou matar alguém, ou violar de forma grosseira alguma regra ambiental;
- 3- Consequências operacionais, cuja falha afecte o output, qualidade do produto, custos de operacionalidade ou satisfação do cliente;
- 4- Consequências não operacionais, em que o único custo associado à avaria é o custo directo de reparação.

- Operações preventivas: usando um algoritmo de decisão fortemente desenvolvido, cada modo de falha é analisado para determinar uma operação de manutenção preventiva ou preditiva aplicável. Determinam-se funções apenas se as mesmas incorporarem a capacidade de prevenir ou prever a falha, sendo definidas como:

- 1- Tarefas em funcionamento, em que um item continua ao serviço sob a condição de desempenhar a(s) sua(s) performance(s) standard;
- 2- Reparação agendada, onde um item é beneficiado/ remanufaturado ou substituído numa data específica, mediante a análise de condição na altura.

Se uma tarefa é merecedora de ser realizada ou não, depende das consequências da avaria. Para modos de falhas em que uma ou múltiplas falhas têm consequências operacionais ou não operacionais, a decisão é meramente económica – ou seja, é mais económico deixar o equipamento avariar ou actuar ao nível da reparação? Relativamente aos modos de falha em que o risco é ambiental ou de segurança, a decisão é baseada na resposta à questão: a tarefa de manutenção vai ou não reduzir o risco de falha para níveis aceitáveis?

- Operações alternativas: são determinadas pela estratégia RCM no caso de não aplicabilidade de tarefas de manutenção preditiva ou preventiva. São estas:

- 1 - Procura de falha, que consiste em verificar funções “escondidas” periodicamente no sentido de determinar a sua operacionalidade;
- 2 - Conceber novo equipamento, caso exista a impossibilidade de estabelecer qualquer tarefa de manutenção que diminua o risco de falha e suas consequências para valores aceitáveis;
- 3 – Manutenção curativa, no caso do modo de falha não causar consequências ambientais ou de segurança, ou ainda se os custos de aplicação de uma tarefa de manutenção (caso exista alguma) sejam mais elevados do que reparar a avaria e as suas consequências.

A grande força da estratégia RCM é o caminho que traça, providenciando critérios precisos e de fácil compreensão, com o intuito de decidir quais (se existirem) as tarefas de manutenção tecnicamente aplicáveis e merecedoras (entenda-se economicamente) no contexto de operacionalidade do equipamento. Cria ainda a decisão da regularidade de aplicação das tarefas, definindo igualmente quem as deverá executar.

### **3.1.1 O envolvimento das pessoas na estratégia RCM**

Os técnicos de Manutenção por si só não conseguem responder às sete questões colocadas pela estratégia RCM. Por esta razão, devem ser constituídas equipas de trabalho, que se propõem a determinar os requisitos de manutenção de cada equipamento. Essas equipas devem incluir, no mínimo, um técnico de Manutenção e um utilizador do equipamento. A experiência global dos membros do grupo de trabalho é de menor relevância, face ao seu conhecimento do equipamento em estudo, ou seja, é de toda a conveniência que os elementos que realizam cada estudo específico, sejam os que “melhor conhecem o equipamento”. É também fundamental que o grupo de trabalho conheça, com algum detalhe, o processo RCM.

Cada grupo de trabalho, desenvolve a aplicação do processo, sob a liderança de um especialista em RCM, conhecido como o “facilitador”, cuja função é assegurar que a estratégia é aplicada correctamente, que existem consensos de razoabilidade no grupo e que nenhum equipamento significativo é tratado com superficialidade. Imediatamente após cada trabalho se encontrar completo, os gestores de topo com responsabilidade geral pelos equipamentos em estudo devem certificar-se que a análise RCM foi aplicada correctamente. Não será sua função auditar pessoalmente o trabalho realizado, pois poderá ser delegado em alguém da sua confiança.

### 3.1.2 Constrangimentos de implementação e aplicação da estratégia RCM

Apesar das vantagens evolutivas introduzidas na manutenção industrial através deste conceito, existem obstáculos para obter conclusões bem sucedidas da sua aplicação: as objecções principais encontradas são o prazo alargado de implementação, desde a análise inicial à obtenção de resultados positivos no funcionamento dos equipamentos, e também as dificuldades de alteração de “mentalidades”, desde os responsáveis pela manutenção até aos operadores do equipamento.

Outra das fragilidades da metodologia RCM está consubstanciada no facto de não contemplar a gestão de modos de falha com funções de risco com diferentes formas, apontando-se, a título de exemplo, um componente com função de risco decrescente, ao qual não se deverão aplicar substituições preventivas. Contudo, pensamos que neste caso ainda se justifica a substituição preventiva se estiver em causa a segurança.

A outra limitação desta metodologia incide sobre o carácter meramente qualitativo do diagrama de decisão, não escalonando de forma clara e quantificada as diversas situações. Assim, em detrimento da FMEA é proposto o recurso à FMECA, introduzindo-se a componente quantitativa, o Índice de Severidade, que irá determinar os equipamentos nos quais a prioridade de actuação é maior.

### 3.1.3 O tempo e esforço requerido

Não existem “fórmulas mágicas” na resolução de problemas efectivos de Manutenção. Em casos práticos, os melhoramentos na gestão de equipamentos requerem uma persistência e uma paciência que a indústria moderna de manufactura tem demonstrado, tornando-se assim efectivos e eficientes. As organizações que introduziram mudanças nos métodos de manufactura levaram vários anos a fazê-lo e requereram uma mudança massiva de cultura e atitude às suas classes laborais. Neste aspecto, o mundo da Manutenção ainda se encontra um degrau abaixo da assimilação, solicitando mudanças comportamentais similares.

### 3.1.4 A mudança de “mentalidades”

Perante a impossibilidade de apresentar uma lista com todas as mentalidades que deverão ser ultrapassadas, pode-se dizer que o maior obstáculo que encontramos, é a visão conservadora ou tradicionalista de que *sempre aplicámos desta forma a manutenção no passado, então deveremos fazer o mesmo no futuro.*



Outras mentalidades enraizadas no meio social de manutenção carecem de actualização:

- *A visão de que um programa de manutenção deverá ser largamente suportado por reparações programadas.* As reparações programadas podem ser apropriadas em determinadas circunstâncias, mas em certos casos tornam-se até contra produtivas. Sempre que aplicável, as operações de manutenção devem ser baseadas na análise de condição, que é normalmente mais efectiva;
- *A assumpção de que um programa de manutenção bem sucedido, apenas pode ser estabelecido quando o histórico da sua taxa de avarias é conhecido.* Raramente é adequado ou suficiente, o histórico das avarias: esperar até obter dados suficientes é impraticável (os equipamentos devem operar hoje), para além do facto de que, o contexto operacional de funcionamento do equipamento evoluiu, possivelmente para condições incomparáveis. Acrescentamos ainda que o esforço requerido para manter o histórico actualizado diariamente é imenso, e, no fim do dia, se o programa de manutenção for efectivado, não existirá uma base de dados estatisticamente significativa acerca das falhas que causaram consequências mais graves, mas sim uma base de dados relevante no que respeita às falhas de maior importância;
- *A crença de que as políticas de manutenção devem ser formuladas por gestores de topo e os planos de manutenção por um especialista no equipamento ou consultor externo.* Não obstante o input válido que os gestores de topo e os consultores externos têm, não são quem “conhece melhor o equipamento”. Apenas por esta razão, as missões de programação de Manutenção não lhes deverão caber, sob pena da validação técnica das decisões se cobrir de incertezas e críticas. Consubstanciando a afirmação anterior, afirmamos que os programas de Manutenção elaborados nestas condições não são “propriedade” de quem os aplica, sendo vistos com cepticismo e desagrado. Resulta desta situação uma tendência para ignorar as ideias impostas por outros e recuar para os seus ultrapassados métodos de “confiança”;
- *A confiança depositada nos fabricantes dos equipamentos quanto aos programas de manutenção.* Tradicionalmente, os fabricantes de equipamentos providenciam planos de manutenção que subsequentemente formam a parte da manutenção sujeita à crítica. Este comportamento visa retirar proveito do utilizador, evitando simultaneamente a infracção da garantia, e sendo também a “opção mais fácil”.

### 3.1.5 Os objectivos da estratégia RCM

Diferentes organizações aplicam a estratégia RCM por diferentes razões, as quais incluem o desejo de obter a operacionalidade máxima do equipamento, incrementar a segurança e a

integridade ambiental, reduzindo simultaneamente os custos de manutenção. Quando é correctamente aplicada, resulta em um ou mais dos seguintes proveitos:

- Segurança e ambiente – maior segurança e protecção ambiental através de:
  - Melhor manutenção dos equipamentos de segurança;
  - Revisão sistemática das implicações de segurança associadas a cada modo de falha;
  - Aplicação de estratégias claras de prevenção de falhas que possam afectar a segurança ou infringir as regulamentações ambientais;
  - Redução de falhas causadas por Manutenção desnecessária.
- Performance – é melhorada a performance do equipamento através de:
  - Ênfase nos procedimentos de manutenção dos elementos críticos de cada equipamento;
  - Diminuição ou eliminação de indisponibilidade do equipamento por falha;
  - Redução das listas de procedimentos de manutenção, resultando em períodos menores de indisponibilidade, bem como o emagrecimento de custos;
  - Redução das avarias enquadradas no período vulgarmente denominado por “mortalidade infantil”, por eliminação de acções de manutenção desnecessárias;
  - Identificação de componentes com baixo índice de fiabilidade.
- Qualidade – as implicações na qualidade desta estratégia são:
  - Melhor entendimento da capacidade e aptidão do equipamento;
  - Clarificação das especificações e requisitos dos equipamentos;
  - Confirmação ou redefinição dos procedimentos de operacionalidade dos equipamentos;
  - Definição clara das tarefas de manutenção e seus objectivos.
- Redução de Custos – a racionalização de custos é efectiva, resultando dos seguintes factores:
  - Menor número de operações de rotina;
  - Prevenção ou eliminação de falhas mais dispendiosas;
  - Políticas de operacionalidade mais claras;
  - Definição clara das estratégias para aquisição de novas tecnologias de manutenção.
- Custo do ciclo de vida – é reduzido o custo do ciclo de vida dos equipamentos, através da optimização das cargas de manutenção e providenciando uma visão clara da necessidade de sobresselentes e requisitos de gestão.
- Vida do equipamento – a aplicação de técnicas de Manutenção Condicionada confere ao equipamento uma vida útil mais prolongada, evitando quebras de disponibilidade.
- Histórico de manutenção – cria-se uma base de dados de manutenção, cuja fácil compreensão e manuseamento são as principais características, na medida em que:

- Providencia uma melhor compreensão do funcionamento do equipamento no seu contexto operacional;
- Conduz à elaboração de desenhos e manuais mais rigorosos;
- Permite que os planos de manutenção sejam mais adaptáveis a eventuais mudanças circunstanciais no futuro;
- Documenta o conhecimento acumulado pelos indivíduos em cada peça constituinte do equipamento.
- Motivação e trabalho de equipa – existe maior motivação dos indivíduos e trabalho de equipa, com particular incidência para os que estão envolvidos directamente no processo de revisão dos equipamentos. Dá-se um incremento de compreensão do equipamento no seu contexto operacional, que subsequentemente conduz a uma ampla responsabilização dos grupos de trabalhos, face aos resultados. Isto significa que os responsáveis pela manutenção colocam outro empenho e motivação no trabalho efectuado, para assegurar que os resultados sejam os mais desejáveis.

### 3.2 FME(C)A – “Failure Mode Effect and Criticality Analysis”

FME(C)A é uma metodologia específica de engenharia, utilizada com a finalidade de definir, identificar e eliminar/ minimizar falhas (reais ou potenciais) de um sistema, concepção, processo ou serviço. Para cada uma das falhas, é feita uma estimativa da frequência, severidade e detectabilidade, dando origem a uma avaliação quantitativa global das mesmas. Seguidamente, e de acordo com as necessidades, definem-se acções a tomar, planeando a Manutenção ou ignorando as ocorrências.

É um método de análise das avarias com o objectivo da pesquisa de soluções para as evitar, aplicável na concepção dos equipamentos e nos estudos de engenharia de manutenção [19]. Este método e a sua aplicação vêm descritos nas normas francesa “AFNOR X 60-510” e inglesa “BS 5760 Part 5”.

A análise FME(C)A é feita com recurso a dois tipos de bases de informação, que contemplam diversos itens. São eles:

- Primeiramente, e com o intuito de definir os modos de falhas, é recorrente a utilização de ferramentas como o histórico de avarias, garantia do produto/ serviço e as exigências/ reclamações dos clientes;
- Para identificar e minimizar/ eliminar os modos de falhas é prática corrente a aplicação de modelos matemáticos, estatística e engenharia de fiabilidade.

Como base da estratégia RCM, esta metodologia propõe-se a identificar acções correctivas requeridas para prevenir que as falhas atinjam o cliente final, visando assegurar a maior durabilidade, qualidade e fiabilidade possíveis de um produto ou serviço. Um bom FME(C)A:

- Identifica os modos de falha, conhecidos ou potenciais;
- Identifica as causas e efeitos de cada modo de falha;
- Estabelece prioridades entre os modos de falha, de acordo com o Índice de Severidade – produto da frequência de ocorrência, severidade e detecção;
- Providência acção correctiva e o seu seguimento.

Pretende-se assim avaliar a criticidade, ou seja, ter em conta a frequência do aparecimento das falhas e a gravidade das mesmas, permitindo orientar as acções de manutenção.

Segundo Patrick D. T. O'Connor [17], este é provavelmente o método de análise de fiabilidade mais difundido e o mais efectivo. Tendo como referência a norma US MIL-STD-1629 (Procedures for Performing a Failure Mode, Effects and Critically Analysis – Ref. 2), o princípio desta ferramenta é considerar cada modo de falha de cada componente de um sistema e atribuir os efeitos no sistema de cada falha. Os modos de falha são classificados tendo em conta o grau de severidade dos seus efeitos.

Um modo de falha pode ser definido como um acontecimento provável de causar avaria num equipamento, o que é um pouco vago pois a noção de falha de um equipamento como um todo pode ser simplista, sendo então muito mais preciso dizer-se que [16] [31]:

*“Um modo de falha é qualquer acontecimento que causa uma falha funcional”*

### 3.2.1 Interpretação da FME(C)A

Em função dos objectivos propostos por esta metodologia, e face à sua extensão em sistemas complexos, torna-se indispensável estabelecer prioridades relativamente aos problemas existentes. Achar essa prioridade confere a confiança de aplicação desta metodologia. Existem 3 componentes que contribuem para a definição da prioridade dos modos de falha:

- Ocorrência (O) – frequência da falha;
- Severidade (S) – gravidade dos efeitos de falha;
- Detectabilidade (D) – facilidade de detecção da falha antes desta atingir o consumidor final.

Existem várias formas de definir o valor destes componentes, sendo mais comum a utilização de escalas numéricas. Estas linhas de orientação podem ser determinadas através de análises qualitativas ou quantitativas. As análises qualitativas baseiam-se em expectativas teóricas do comportamento do equipamento, enquanto que as análises quantitativas devem ser específicas, recorrendo a bases de dados, controlo estatístico do processo e modelos similares.

A escala dos 3 critérios pode ter diversos valores. Não existe nenhum padrão definido, contudo existem duas escalas de aplicação recorrente no actual panorama industrial. A primeira é a escala de 1 a 5 e a segunda é a escala de 1 a 10.

A prioridade de actuação sobre os problemas é articulada através do Índice de Severidade. Este número é o produto da ocorrência, severidade e detectabilidade. Este valor de per si tem unicamente a função de ordenar a prioridade de actuação dos diversos modos de falha, não contendo qualquer outro significado. Caso se pretenda, podem-se estudar todos os modos de falha até à exaustão, não sendo necessário para isso estabelecer prioridades.

Após a determinação do Índice de Severidade, a avaliação começa por se basear na definição do risco. Este é definido pela equipa responsável pelo FME(C)A, numa escala qualitativa, mediante as circunstâncias de operacionalidade do equipamento. Constan normalmente da escala os seguintes itens, seguidos das respectivas acções:

- Perante um risco menor, não é tomada qualquer medida;
- Quando o risco é moderado, pode haver alguma medida a tomar;
- Face a um risco elevado, são adoptadas medidas definidas, com devida validação e avaliação;
- Finalmente, se o risco for de criticidade máxima, serão também tomadas medidas rigorosas, contemplando mudanças extensas no sistema, conceito de operacionalidade, produto, processo ou serviço.

Se existirem mais do que duas falhas com o mesmo Índice de Severidade, a prioridade recai no factor Severidade, já que o mesmo depende directamente dos efeitos da falha. Caso a Severidade seja idêntica, o critério de desempate é a Detectabilidade, que pode atingir directamente o cliente final, tornando-se de maior importância face à frequência de falha.

### 3.2.2 Condução do processo FME(C)A

Para conduzir um processo FME(C)A com rigor, existe a obrigatoriedade de seguir uma aproximação sistemática. Para tal, é recomendado um método constituído por 8 passos:

1- Seleccionar a equipa e promover a discussão de ideias – pela inerência do FME(C)A à estratégia RCM, a formação da equipa e pressupostos resultantes constam no sub capítulo 2.1.1;

2- Diagrama de blocos funcional ou fluxograma de processo – A ideia deste ponto é garantir a inteligibilidade do enquadramento do objecto de estudo. Todos os elementos da equipa entendem o sistema, concepção, processo ou serviço? O entendimento dos problemas associados está generalizado? O diagrama de blocos focaliza a discussão no sistema e na concepção, enquanto o fluxograma de processo promove a discussão no processo ou serviço;

3- Estabelecimento de prioridades – Após o entendimento da equipa acerca do problema, a análise começa. Põem-se as seguintes questões: O que é importante? Por onde é que a equipa deve começar? O estabelecimento de prioridades é passível de abreviatura, quando a prioridade é um facto consumado: o cliente identificou a prioridade, ou o produto encontra-se em garantia ou ainda a gestão solicita o estudo a partir de determinado ponto;

4- Recolha de dados – A equipa recolhe os dados das falhas, caracterizando-as apropriadamente segundo categorias. Neste ponto começa o preenchimento do mapa FME(C)A. As diferentes falhas identificadas como os modos de falha do FME(C)A;

5- Análise – Os dados são tratados de forma a tomar decisões. Os mesmos são observados e caracterizados com o intuito de obter informação, utilizada por sua vez para adquirir conhecimento. Por fim, esse conhecimento contribui para a tomada de decisão. A análise pode ser quantitativa ou qualitativa. A equipa pode utilizar *brainstorming*, análise causa-efeito, outro FMEA, modelos matemáticos, análise de fiabilidade e outros elementos que considerem aplicáveis. Esta análise permite dar início ao preenchimento das colunas do FME(C)A, relativamente aos efeitos de cada falha, existência de métodos de controlo e discutir uma estimativa dos parâmetros de severidade, ocorrência e detectabilidade;

6- Resultados – Baseado no ponto anterior, obtêm-se resultados. A informação deste passo quantifica a Severidade, Detectabilidade, Frequência de falha e o Índice de Severidade. As respectivas colunas do FME(C)A serão preenchidas;

7- Confirmar/avaliar/medir – Após a gravação de resultados, o passo seguinte consiste em confirmar, avaliar e medir o sucesso ou fracasso. Esta avaliação toma a forma de três questões básicas:

- A situação melhorou?
- A situação piorou?

- A situação mantém-se?

8- Repetir o FME(C)A – Tendo em vista as respostas dadas no ponto 7, a equipa deverá buscar novas possíveis melhorias, porque a filosofia do FME(C)A visa manter o espírito de melhoria contínua.

O objectivo é atingido quando todas as avarias forem totalmente eliminadas, embora a perseverança para atingir esse mesmo objectivo entre em linha de consideração com as necessidades da organização, custos, clientes e competitividade.

### **3.2.3 Identificação dos elementos da FMECA**

Os elementos da FMECA são os blocos de informação que estão incluídos numa análise. Um trabalho de equipa é essencial para identificar os elementos de uma FMECA. Apesar da preparação do documento ser frequentemente da responsabilidade de um indivíduo, os dados da FMECA devem ser fruto de uma equipa multi-disciplinar. A equipa deve consistir em indivíduos com conhecimentos, com experiência em projecto, fabrico, serviço, qualidade e fiabilidade. O engenheiro responsável conduz a equipa da FMECA. As pessoas e a chefia podem variar conforme o sistema, produto e projecto evoluem.

### **3.2.4 - Funções e Modos de Falha**

Uma vez estabelecido o objecto da análise, o próximo passo no processo de FMECA é identificar as Funções. Uma Função é o objectivo específico do produto ou processo que são analisados. Se um sistema está a ser considerado, também devem ser identificadas as Funções de subsistema individuais.

Modos de Falha potenciais, ou categorias de falha, podem ser identificados descrevendo a forma como os objectos falham

### **3.2.5 - Efeitos**

Depois das Funções e Modos de Falha serem estabelecidos, o próximo passo no processo da FMECA é identificar potenciais consequências a jusante quando o Modo de Falha acontece. Esta deverá ser uma actividade de “brainstorming” de equipa.

Depois das consequências serem identificadas, elas devem ser colocadas no modelo da FMECA como Efeitos.

### 3.2.6 Tipos de FME(C)As

De uma forma geral, é aceite a existência de 4 tipos de FME(C)A. Neste sub capítulo serão abordadas as aplicações de cada tipo, o seu *output* e os respectivos benefícios. São eles:

1- FME(C)A de Sistema – Usado para analisar sistemas e subsistemas nas fases de concepção e design, focalizando as falhas potenciais entre as funções do sistema, causadas pelas deficiências do próprio sistema. Inclui as interacções entre sistemas e elementos do sistema. O *output* deste tipo de FME(C)A é:

- Lista de potenciais modos de falha, escalonados pelo Índice de Severidade;
- Lista de potenciais funções do sistema que podem detectar potenciais modos de falha;
- Lista de potenciais acções de concepção para eliminar modos de falha, incrementar a segurança e reduzir a frequência de falha.

Assim, os benefícios da FME(C)A de sistema são:

- Ajuda na optimização de concepções alternativas;
- Ajuda na determinação de redundâncias;
- Incrementa a apetência para a identificação de problemas potenciais;
- Ajuda na definição de bases para a criação de procedimentos de diagnóstico de falhas, no contexto de operacionalidade dos sistemas;
- Identifica falhas potenciais do sistema e a sua interacção com outros sistemas ou subsistemas.

2 – FME(C)A de Concepção – Usado para analisar produtos antes dos mesmos começarem a sua produção, focalizando os modos de falha causados por defeitos de concepção. O *output* deste tipo de FME(C)A é constituído pelos seguintes itens:

- Lista potencial dos modos de falha, quantificados pelo Índice de Severidade;
- Lista de potenciais características críticas ou significativas;
- Lista de potenciais acções de concepção para eliminar modos de falha, incrementar a segurança e reduzir a ocorrência;
- Lista de potenciais parâmetros passíveis de testar e inspeccionar;
- Lista de potenciais acções recomendadas para características críticas/ significativas.



Dos itens apresentados, extraem-se os benefícios deste tipo de FME(C)A:

- Estabelece prioridade para as acções de melhoria de concepção;
- Documenta a fundamentação lógica de alterações;
- Providencia informação que ajuda na verificação e teste da concepção do produto;
- Ajuda na identificação de características críticas/ significativas;
- Presta assistência na avaliação dos requisitos de concepção e alternativas;
- Ajuda na identificação e eliminação de preocupações relacionadas com a segurança.

3 – FME(C)A de Processo – Utilizado para processos de manufactura e montagem, incidindo nos modos de falha causados por deficiências no processo produtivo ou montagem. O *output* reportado por este tipo de FME(C)A é caracterizado pelos seguintes pontos:

- Lista de potenciais modos de falha, escalonados pelo Índice de Severidade;
- Lista de potenciais características críticas/ significativas;
- Lista de potenciais acções recomendadas para catalogar as características críticas/ significativas;
- Lista potencial de eliminação das causas dos modos de falha, redução da sua ocorrência e melhoria da detecção de defeitos.

Os benefícios da FME(C)A de processo são:

- Identifica as deficiências processuais e estabelece planos correctivos de acção;
- Identifica as características tidas como críticas/ significativas e ajuda a desenvolver planos de controlo;
- Estabelece prioridades das acções correctivas;
- Presta assistência na análise do processo produção e montagem;
- Documenta explicação fundamentada de alterações.

4 – FME(C)A de Serviço – Usado para analisar serviços antes destes atingirem o cliente, dirigindo a sua aplicação nos modos de falha causados pelo sistema ou deficiências de processo. O *output* gerado pelo FME(C)A de serviço é:

- Lista de erros potenciais, quantificados pelo Índice de Severidade;
- Lista de tarefas críticas/ significativas;
- Lista de potenciais engarrafamentos na execução de tarefas;

- Lista potencial de eliminação de erros;
- Lista de potenciais funções de monitorização do sistema/ processo.

Os pontos mencionados anteriormente traduzem-se nas seguintes vantagens deste tipo de FME(C)A:

- Identificação das deficiências das tarefas;
- Assistência na análise da fluência do trabalho;
- Assistência na análise do sistema/ processo;
- Estabelecimento de prioridade nas acções de melhoria;
- Identificação de tarefas críticas/ significativas e ajuda no desenvolvimento de planos de controlo.

### **3.3 Conclusões do Capítulo 3**

Neste capítulo foram apresentadas as ferramentas teóricas que nos vão permitir tratar o caso em estudo, incluindo as estratégias de manutenção RCM e FME(C)A. Da apresentação dos modelos referidos, verificamos que, permitem fazer uma abordagem FME(C)A ao problema em estudo.

## Capítulo 4 – CASO EM ESTUDO: A empresa e o equipamento

### 4.1 Enquadramento do problema

O nosso estudo vai-se centrar na principal empresa prestadora de serviços de manutenção de equipamentos dos clientes Somague Engenharia, Neopul e Engigás. Pela própria especificidade e natureza da actividade a empresa actua na área do sector ferroviário, construção civil e obras públicas.

#### 4.1.1 Identificação da Empresa

A Somague-Neopul, Gestão e manutenção de equipamentos de construção civil e obras públicas, A.C.E. Criada em 01/04/2005 desenvolve as suas actividades em três campos distintos:

- Reparação
- Manutenção
- Reabilitação

A actividade da **Reparação** é efectuada nas instalações do ACE. Estas intervenções são programadas (com excepção do material acidentado) e originam um maior tempo de imobilização do material. São operações que possuem uma grande complexidade, no que diz respeito à sua realização, tempo de imobilização do equipamento e num número elevado de meios e pessoal. As operações de reparação podem ser classificadas de acordo com o grau de exigência:

A actividade da **Manutenção** é efectuada nas instalações do ACE, ou na própria obra. Nesta actividade estão abrangidas a manutenção preditiva, a manutenção preventiva e ainda a manutenção correctiva, por causas acidentais, avarias, actos de vandalismo, ou outras. São operações que normalmente são caracterizadas, por serem operações de menor complexidade, que exigência uma menor quantidade de meios e de tempo de imobilização do equipamento, consistindo apenas em operações ligeiras de manutenção e verificação do equipamento. Podem também ser classificados da seguinte forma:

- Visita diária (VD) -intervenção que tem por consistência básica, verificações e ensaios, substituição de consumíveis, lubrificação geral da máquina; normalmente efectuada pelo operador da máquina

- Visita de 250h (250h) -caracteriza-se por verificações mais especializadas e substituição de lubrificantes, com periodicidade de 250h, e imobilização média prevista de quatro horas;
- Visita de 500h, (500h) -destina-se a efectuar o controle de órgãos, sopragens, afinações e substituição de lubrificantes, com periodicidade de 500h, com tempo de imobilização médio de um dia;
- Visita de 1000h, (1000h) -tem por base a operação de substituição dum menor número de órgãos, a cadencia das reparações é semestral, 50.000/70.000 km e o tempo de imobilização é de dois dias úteis;
- Visita de 2000h, Visita Geral (2000h) - envolve a substituição dum elevado número de órgãos, com reposição do potencial de vida, com periodicidade de 2000h, com tempo de imobilização médio previsto de dois a quatro dias úteis.

INTERVENÇÃO	PERIODICIDADE	IMOBILIZAÇÃO
VD	Diariamente	15m
250h	250h	4 H
500h	500h	24 H
1000h	1000h	48 H
2000h	2000h	+48H

**Quadro 4.1 – Tabela de Intervenções**

De salientar que cada tipo de intervenção possui um grau de inspecção mais aprofundado que o seguinte. Este grau de inspecção vai aumentado à medida que aumenta a periodicidade.

Sabendo que a actuação da manutenção, neste género de intervenção, nem sempre é de molde a produzir os resultados esperados, podendo mesmo chegar a contrariá-los, afigurase-nos de maior importância o acompanhamento dos parâmetros de gestão, em cada momento, de modo que se torne possível uma adaptação das políticas de manutenção aos objectivos considerados.

A actividade da **Reabilitação** passa pela modernização de unidades ou veículos, isto é, procede-se à montagem de novos equipamentos e de novo interiorismo no material de modo a conferir-lhe não só um aspecto diferente como também efectuar o "upgrading" do equipamento.

#### **4.1.2 Identificação das instalações oficiais do ACE**

As instalações oficiais da Somague-Neopul, A.C.E. Grupo Oficial são uma unidade industrial do grupo da empresa Somague que se situa nas antigas instalações das oficinas/estaleiro central da Neopul situadas em Pegões e com parte do seu quadro de pessoal.

O ACE começou a sua actividade em Abril de 2005, com sede no edifício da Somague no Linho-Sintra, e instalações industriais em Pegões, com o nome de Somague-Neopul, Gestão e manutenção de equipamentos de construção civil e obras públicas, A.C.E.

Com uma área total de 138.348 m<sup>2</sup>, dos quais 6253 são cobertos e 132.095 descobertos, dispõe de um ramal ferroviário no qual têm acesso à via aberta à circulação, apetrechado dos equipamentos necessários para o bom desempenho das suas actividades, o ACE desenvolve, por excelência, os seus trabalhos na área de reparação de material ferroviário, de construção civil e de obras públicas, onde acumula o “Know-how” e a experiência adquiridos ao longo de muitos anos de prática efectiva, da sua equipa de colaboradores provenientes das empresas Somague Engenharia e Neopul.

Assim, encontra-se habilitado para efectuar as operações de:

- Grande reparação e reabilitação de Equipamentos e seus componentes;
- Modificações em material ferroviário, de construção civil e obras públicas;
- Reparação de material.

#### **4.1.3 Cadeia de valor do ACE**

A cadeia de valor genérica é dirigida por um gestor que assume as funções de Director na dependência directa da Administração assegura a integração estratégica e operacional de todas as actividades da organização, de forma a maximizar o potencial sinérgico dos meios humanos, financeiros e organizacionais.

A estrutura funcional apresenta como principal vantagem permitir a concentração de recursos e atenções numa indústria em que é exigido um alto grau de especialização e controlo. As actividades de suporte que apoiam indirectamente a execução das actividades primárias são quatro centros de custos designadas por unidades de gestão (UG), designados de Manutenção e oficinas, Operações e Logística, Administrativa-Financeira e Equipamento marítimo.

#### **4.1.4 Descrição geral de funções**

##### **4.1.4.1 Direcção do ACE**

O gestor com as funções de Director é responsável pela definição dos objectivos e estratégias do ACE no que concerne aos contratos de reparação acordados com os clientes Somague, Neopul e Engigás, pelo cumprimento dos programas de reparação e gestão de equipamentos, pela aprovação dos organigramas de cada UG/CC e por propor à Administração os planos de formação e investimento.

##### **4.1.4.2 Manutenção e Oficinas**

O gestor desta área é responsável por coordenar e elaborar as especificações técnicas de materiais e equipamentos, arquivo de normas e documentação técnica de origem interna e externa, coordenação de grupos de trabalho para elaboração de relatórios de avarias, assim como propor soluções de melhoria. Fazer a gestão dos grupos oficinais e respectivas equipas de intervenção; fazer a gestão dos serviços efectuados em Outsourcing; análise e melhoria dos planos de manutenção; gestão do equipamento e pessoal ferroviário; gestão dos aprovisionamentos. Deve também emitir e fazer o acompanhamento de fichas de investigação e analisar as reclamações dos clientes bem como fazer o seguimento do material reparado para avaliar a fiabilidade e consistência das reparações praticadas.

##### **4.1.4.3 Operações e Logística**

O gestor desta área tem como função a gestão de parque de equipamentos, parque de escoramento e cofragem; gestão de transportes; gestão dos armazéns; gestão dos activos; controle das entradas e saídas dos parques; controle da qualidade de entrada e saída dos equipamentos; garantir a disponibilidade dos materiais necessários à execução das obras dentro dos prazos previstos.

##### **4.1.4.4 Administrativa-Financeira**

O responsável desta área tem como função garantir a execução do plano oficial de contabilidade (POC) da empresa, controle dos recursos humanos, enviar aos clientes as facturas nos termos dos contratos celebrados, tratar os dados relativamente aos processamentos mensais dos vencimentos, actualizar os dados relativamente aos

processamentos mensais dos vencimentos, actualizar os dados do cadastro de pessoal; gestão financeira; gestão administrativa; gestão da tesouraria.

#### **4.1.4.5 Equipamento Marítimo**

O gestor desta área é responsável por coordenação e gestão do equipamento e estaleiro marítimo do grupo na sua vertente de material de e recursos humanos.

#### **4.1.5 Âmbito da Prestação de Serviços**

O ACE é responsável pela gestão administrativa e operacional de equipamentos propriedade da Somague Engenharia, Neopul e Engigás, bem como assegurar a devida supervisão técnica e efectuar um controlo diário dos serviços, garantindo o cumprimento de um conjunto de padrões de níveis de qualidade nos serviços prestados a estas empresas.

Identificam-se, de seguida as várias áreas incluídas no âmbito da prestação de serviços do ACE:

1. Gestão administrativo-financeira geral - incluem-se as actividades de carácter administrativo-financeiro inerentes ao funcionamento geral do ACE, nomeadamente: gestão e controlo orçamental, gestão de clientes e fornecedores, gestão da tesouraria, facturação e outras imputações de débitos, tratamento contabilístico do imobilizado, controlo de partes diárias e assegurar uma eficiente ligação com os Recursos Humanos do Grupo Somague.
2. Gestão administrativa de equipamentos – incluem-se as actividades de gestão administrativa diária dos equipamentos, nomeadamente: análise de rentabilidades dos equipamentos, determinação de taxas de aluguer (que deverão ser concorrenciais em relação ao mercado), planeamento da locação dos equipamentos de forma a maximizar a sua utilização e rentabilização e controlo da localização e transferências dos equipamentos.
3. Controlo operacional de equipamento – incluem-se as actividades relacionadas com a recepção e segurança de equipamento em armazém/parque no Estaleiro, o controlo da qualidade dos equipamentos entrados e saídos, a gestão de serviços associados aos equipamentos (transporte, aluguer de equipamento e mão-de-obra), bem como participar de forma activa, conjuntamente com as empresas clientes, na análise de propostas de compra e na selecção de novo equipamento, bem como elaborar propostas de abate de equipamento.

4. Gestão técnica de equipamentos – incluem-se as actividades relacionadas com a gestão dos equipamentos na sua vertente técnica, nomeadamente: obter recomendações técnicas dos fornecedores, análise e elaboração dos dossiers técnicos de equipamentos, análise e melhoria dos planos de manutenção, apoio ao projecto de instalação do estaleiro de grandes obras, controle de Qualidade e recomendações de segurança das operações das oficinas (em Obra).
5. Manutenção da Operacionalidade dos Equipamento – incluem-se todas as actividades de manutenção diária dos equipamentos que se encontrem em Parque de forma a garantir a sua operacionalidade.

#### **4.1.6 A empresa – as ferramentas da função Manutenção**

O ACE dispõe de algumas ferramentas como auxiliares das tomadas de decisão, de apoio à Gestão da Manutenção e controlo da mesma, das quais se destacam:

- Registo histórico da manutenção;
- Registo da indisponibilidade do equipamento;
- Contabilidade analítica;
- Registo de obra.

O registo histórico da manutenção dos veículos ou de órgãos rotáveis é o conjunto da informação recolhida ao longo da sua vida, contendo dados referentes às suas características e às operações de manutenção neles realizadas. Dado o volume de informação produzida e a necessidade de a actualizar constantemente, o registo está organizado como uma base de dados.

O registo de indisponibilidade do material é o registo da disponibilidade/ indisponibilidade do material nos espaços temporais e as suas causas.

A contabilidade analítica é uma estrutura ordenada de códigos que permite a repartição dos custos de cada operação. Tal como o registo histórico, também a contabilidade analítica está organizada como base de dados.

O registo de obra é o suporte técnico e administrativo com a qual se inicia qualquer trabalho, o seu controlo e onde são registados todos os dados referentes à intervenção. Como tal, o registo de obra é o suporte dos dados introduzidos nos registos históricos e da contabilidade analítica.



O grupo Somague dispõe de um suporte informático integrado, o SAP R3. Trata-se de um software modular que cobre parte substancial das áreas de Recursos Humanos, Contabilidade, Planeamento da manutenção e Gestão de materiais.

O ACE por seu turno, utiliza o SLIGO como software de gestão da Manutenção.

A grande vantagem que os softwares integrados poderiam proporcionar, para além de correrem num sistema operativo comum e consequentemente reduzirem o risco de conflitos, reside em que um determinado dado é introduzido uma única vez, mantendo-se imutável ao longo do processo. Este facto é determinante para que para que o apuramento dos custos e constituição do histórico, objectivos fundamentais nestas ferramentas, sejam coerentes e fiáveis.

#### **4.1.7 Manutenção do equipamento**

Identificam-se de seguida os aspectos relacionados com o serviço de Manutenção de equipamentos.

##### Manutenção correctiva e grandes reparações

É da responsabilidade do ACE a execução de toda a manutenção correctiva e grandes reparações dos equipamentos propriedade das empresas Somague Engenharia, Neopul e Engigás. O ACE tem a obrigação de analisar as necessidades de manutenção correctiva e reparações, bem como elaborar propostas/orçamentos de reparação que devem ser submetidas às empresas clientes. As reparações efectuadas serão sempre facturadas pelo ACE a estas.

O ACE tem ainda a obrigação de analisar a responsabilidade pelo custo da manutenção. As seguintes situações podem ocorrer:

- A necessidade de reparação teve como origem uma utilização indevida ou má utilização da obra cliente. Nestas situações o ACE comunicará este facto à empresa cliente, para que a factura emitida seja imputada à Obra cliente.
- Caso a manutenção/reparação não seja da responsabilidade da obra cliente, a empresa reserva-se o direito de reconhecer esse custo ou imobilizar (incorporação) a grande reparação.

##### Manutenção preventiva do equipamento

O ACE é responsável pelo serviço de manutenção preventiva dos equipamentos propriedade da Somague Engenharia, S.A. A manutenção preventiva é assegurada tendo em consideração as recomendações dos fornecedores e a elaboração de planos de manutenção eficientes, que suportem a programação da manutenção periódica dos equipamentos de forma a garantir a sua operacionalidade nos níveis óptimos.

Na manutenção preventiva enquadram-se todas as revisões periódicas (exemplo: lubrificações, mudanças de óleos, filtros, rolamentos, e todas as substituições de materiais que tenham implícita uma verificação periódica do seu estado).

A manutenção preventiva efectuada será sempre facturada pelo ACE à Somague Engenharia, sendo o ACE, ainda, responsável pela determinação de taxas de aluguer que englobem uma provisão para cobrir este tipo de custos.

#### Intervenções correntes e substituição de acessórios

O ACE é responsável pela realização de intervenções correntes e substituição de acessórios (por exemplo: acessórios de desgaste rápido, pneus, rastos, etc.) dos equipamentos propriedade da Somague Engenharia.

As intervenções/materiais aplicados serão sempre facturadas pelo ACE à Somague Engenharia, sendo o ACE, ainda, responsável pela determinação de taxas de aluguer que englobem uma provisão para cobrir este tipo de custos.

O ACE tem ainda a obrigação de analisar se a necessidade da intervenção/substituição é devida a incúria da Obra cliente, e nestas situações comunicará este facto à Somague Engenharia, para que a factura emitida seja imputada à obra cliente.

No caso de existir Oficina em Obra, as condições específicas do contrato de aluguer, poderão determinar diferentes políticas em relação à descrita no presente acordo.

#### Combustível

Os combustíveis serão sempre da responsabilidade das Obras Clientes. Os abastecimentos dos equipamentos em depósitos do ACE serão facturados pelo ACE às empresas clientes.

Para determinados equipamentos, as condições específicas do contrato de aluguer, poderão determinar taxas de aluguer que incluam o custo do combustível.

## **4.2 Gestão e Organização da Manutenção na Somague-Neopul ACE.**

### **4.2.1 Satisfação das necessidades de equipamentos**

#### **4.2.1.1 Planeamento das Necessidades de Equipamento**

Este processo tem como objectivo descrever as actividades necessárias para uma gestão eficiente do parque de equipamento disponível, com vista à identificação das melhores soluções para planear a afectação dos Equipamentos e responder à procura dos clientes do ACE, contribuindo desta forma para maximizar a rentabilização do parque de equipamentos.

O registo de todos os pedidos de Equipamentos, será uma actividade crítica, pois permitirá aferir as necessidades do mercado e, no caso de indisponibilidade de Equipamento, servir de base a uma análise de investimento, que poderá passar pelas seguintes decisões:

- Compra de novos equipamentos/outro imobilizado;
- Aluguer externo de equipamento;
- Manutenção correctiva/grande reparação de equipamento existente;
- Não satisfação da necessidade do cliente.

#### **4.2.1.2 Recolha e tratamento de dados**

O processo de Gestão Base de Equipamento é decomposto em 2 sub-processos:

##### **4.2.1.2.1 Registo de novos equipamentos no sistema:**

Este sub-processo, é despoletado pela necessidade de registo no sistema (SLIGO) de novos equipamentos, propriedade do ACE, Somague Engenharia, Neopul, Engigás ou equipamentos alugados (entidades externas).

No SLIGO, os dados base dos equipamentos, devem ser complementados com os respectivos dados técnicos (fornecidos pelo Gabinete Técnico e tendo em consideração os inputs recebidos pelas especialidades). No caso dos equipamentos propriedade do ACE, Somague Engenharia, Neopul ou Engigás é ainda necessário registar o Asset no módulo de Imobilizado do SAP.

##### **4.2.1.2.2 Abate de Equipamentos:**

Este sub-processo, é despoletado pela existência de equipamento inutilizado, obsoleto, acidentado ou roubado, sobre o qual seja efectuada uma análise de rentabilidade, a qual pode ter como consequência uma decisão de abate e a correspondente venda.

#### **4.2.1.3 Gestão de Manobreadores (especiais)**

Este processo é despoletado pela necessidade de novos Manobreadores, denominados “Especiais”, uma vez que se refere a Manobreadores que devem possuir competências específicas para operar com a máquina (essencialmente relacionadas com o equipamento ferroviário).

A admissão pode resultar de uma necessidade específica de um Manobreador colocada por uma Obra, e que não possa ser satisfeita com o quadro de Manobreadores actual, ou pode resultar de uma verificação de que o quadro de Manobreadores deve ser reforçado para satisfazer futuras necessidades.

Nestas situações o Director do Equipamento Ferroviário, deve elaborar e submeter à aprovação do Director Geral uma proposta de admissão. Após os trâmites normais de recrutamento e selecção (de acordo com as condições gerais de contrato e admissão definidas pelos Recursos Humanos do grupo Somague), o novo Manobreador deve ser cadastrado no SLIGO e a informação necessária deve ser enviada para os Recursos Humanos (Sede).

#### **4.2.1.4 Controlo operacional do equipamento**

O processo de Controlo Operacional do Equipamento é decomposto em 4 sub-processos:

**4.2.1.4.1 Registo das Partes Diárias de Manobreadores:** tarefas associadas ao preenchimento e registo no SLIGO das partes diárias dos Manobreadores, bem como a integração dos abonos variáveis com o sistema de processamento de salários (mão de obra própria) ou emissão de Autos de Medição (mão-de-obra alugada).

**4.2.1.4.2 Registo dos Consumos de Equipamento:** tarefas associadas ao registo de consumos de combustíveis e lubrificantes, com o objectivo de obter a informação que permita efectuar um controlo sobre os consumos médios totais e horas para manutenção dos Equipamentos.

**4.2.1.4.3 Desmobilização do Equipamento:** tarefas associadas ao término da afectação do Equipamento aos clientes e à necessária desmobilização. Na desmobilização, poderá existir a necessidade de intervenção no equipamento.

#### **4.2.1.5 Imputação de débitos do equipamento**

O processo de Imputação de Débitos de Equipamento consiste na sequência de actividades associadas ao tratamento mensal dos débitos de aluguer dos equipamentos às entidades utilizadoras.

Os valores apurados têm em consideração: os dados de utilização fornecidos pelas Obras (importados do SLIGO de obra para o SLIGO do ACE) e as taxas de aluguer/tipos de débito definidos na transferência dos Equipamentos.

Neste processo salientam-se algumas particularidades, que deverão merecer uma tenção especial, nomeadamente, os diferentes cenários de imputação que deverão ocorrer tendo em consideração a propriedade do Equipamento.

#### **4.2.2 Satisfação das necessidades de Manutenção**

##### **4.2.2.1 Manutenção preventiva dos equipamentos**

Este processo inclui as tarefas associadas à execução da manutenção preventiva (manutenções programadas). A manutenção preventiva é efectuada periodicamente, independentemente do estado do equipamento, de acordo com o planeamento das intervenções a efectuar em cada Equipamento, tendo como base um plano de manutenção no qual estão definidas as tarefas que devem ser executadas ao longo do tempo.

A manutenção preventiva implica a abertura e fecho de ordens de intervenção.

O Gabinete Técnico é responsável pela análise do processo de manutenção preventiva e pela sugestão de melhorias a introduzir.

##### **4.2.2.2 Prestação de serviços ao exterior**

Este processo é despoletado pela solicitação de clientes externos de serviços de manutenção ao ACE.

A Direcção de Manutenção e Oficinas é responsável pela análise de pedidos de manutenção solicitados por clientes e pela definição de tabelas internas de preço, que sirvam de base à elaboração dos correspondentes orçamentos/propostas.

Todas as manutenções serão suportadas pela abertura de Ordens de Intervenção.

No final da reparação, a prestação do serviço será facturada pelo ACE ao cliente.

### **4.2.3 Gerir Armazéns e Stocks**

#### **4.2.3.1 Recepção de Compras para Stock**

O processo de Recepção de Compras é decomposto em 2 sub-processos:

Este processo descreve as tarefas envolvidas na recepção de compras para stock. A entrada de stocks deverá ser validada em relação à Guia de Remessa do fornecedor e ao Plano de Recepção de Materiais. O registo da recepção no SLIGO contempla a recepção de quantidades totais ou parciais de acordo com a Nota de Encomenda emitida ao fornecedor.

#### **4.2.3.2 Recepção de Compras de Equipamentos e outro Imobilizado**

Neste processo destacam-se as actividades de informação técnica recebida do fornecedor de equipamento, análise dos documentos técnicos e legais obrigatórios que podem comprometer a utilização do equipamento. Pode existir também necessidade de formação de manobreadores do ACE, elementos do Gabinete Técnico e/ou elementos da Manutenção e Oficinas.

#### **4.2.3.2 Recepção de Compras de Equipamentos e outro Imobilizado**

#### **4.2.3.3. Movimentos de stock**

Este processo compreende as actividades relacionadas com movimentos de stocks em armazém, relativos a:

- Entrada de stocks, em função da identificação de necessidade de material para responder a necessidades (em função de notas de encomenda internas ou para repor os níveis mínimos de segurança estabelecidos)

- Saídas de stocks para Ordens de Intervenção ou directamente para uma Unidade de Gestão;
- Devoluções de stocks das Ordens das Intervenção ao Armazém (com ou sem depreciação)
- Devoluções ao Armazém (vide processo 31. Recepção de Compras para Stock)
- Transferências entre armazéns
- Ajustes de Inventário.

#### **4.2.4 Gerir necessidade de compra**

##### **4.2.4.1.Compras de Equipamentos e Outro Imobilizado**

Este processo compreende as actividades associadas à compra de Equipamentos e outro Imobilizado. Este processo é despoletado pelo processo de Planeamento de necessidades de Equipamento, que tenha como resultado da decisão de investimento a compra.

O processo de compra propriamente dito têm início com a solicitação, por parte do ACE, de pedidos de cotação e propostas a fornecedores, tendo em consideração a Especificação Técnica do Equipamento.

Em função das respostas obtidas, é efectuada uma análise das condições gerais de compra, podendo a decisão de compra, necessitar da aprovação da Administração do ACE.

A formalização do processo de compra com o fornecedor seleccionado será efectuada pela formalização de um contrato ou pela elaboração de uma Nota de Encomenda.

##### **4.2.4.2.Aluguer Externo de Equipamentos e Transportes**

Este processo compreende as actividades associadas ao aluguer externo de Equipamentos e Transportes. Este processo é despoletado pelo processo de Planeamento de necessidades de Equipamento, que tenha como resultado da decisão de investimento o aluguer externo de Equipamento.

O processo de compra propriamente dito têm início com a solicitação, por parte do ACE, de pedidos de cotação e propostas a fornecedores, tendo em consideração as condições estabelecidas na Especificação Técnica de Subempreitada / Prestação de Serviços.

Em função das respostas obtidas, é efectuada uma análise das condições gerais de compra, podendo a decisão de compra, necessitar da aprovação da Administração do ACE.

A formalização do processo de compra com o fornecedor seleccionado será efectuada pela formalização de um contrato ou pela elaboração de uma Nota de Encomenda.

#### **4.2.4.3.Planeamento de Necessidade de Stock**

Este processo compreende as actividades relacionadas o planeamento das necessidades de stock, de acordo com as políticas de gestão de stocks do ACE, as requisições de compra ainda não satisfeitas existentes.

Em função dos stocks de segurança (stock mínimo), será possível efectuar análises das necessidades a suprir e proceder à respectiva emissão de Notas de Encomenda.

#### **4.2.5 Sistematização da informação**

##### **4.2.5.1.Categorização/Hierarquização de Equipamento:**

- A proposta para classificação dos equipamentos, tem a seguinte estrutura de 3 atributos:
  - ☐ **Tipo** – 2 dígitos
  - ☐ **Família** – 1 dígito
  - ☐ **Sub-Família** – 1 dígito
- Proposta de Classificação de Equipamentos

**Nota:** A atribuição de 1 único dígito para a Família e para Sub-Família pode revelar-se insuficiente e/ou limitar à partida uma maior desagregação destes atributos, em relação a futuras necessidades. Refira-se que actualmente dos 20 tipos definidos, 10, têm 8 ou mais famílias específicas associadas. Esta situação pode ainda ser mais limitativa, dependendo do cenário de codificação a escolher

##### **4.2.5.2.Classificação *versus* Codificação de Equipamento**

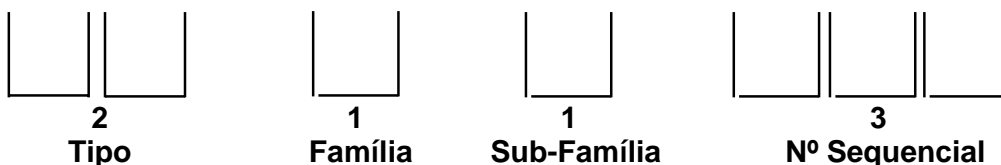
- No SLIGO, o ficheiro mestre de Equipamentos comporta actualmente as noções de Tipo, Família e Sub-Família, como 3 atributos adicionais a cada Equipamento (devidamente tabelados em função de lista final a definir);



- Estes critérios associados a cada um dos Equipamentos permitem, *per si* a sua utilização como Filtros de análise: pesquisas de Equipamentos, Estatísticas, etc.
- É assim possível, garantir uma maior liberdade e flexibilidade na definição da Codificação dos Equipamentos.
- No SLIGO o código do Equipamento pode ir até 10 dígitos (código numérico). Sugere-se de qualquer forma que o número de dígitos a escolher seja o mesmo para todo e qualquer equipamento.

#### 4.2.5.3. Alternativas de Codificação:

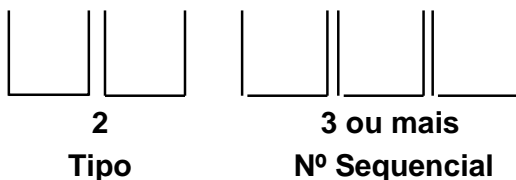
- **Hipótese 1** - Codificação do equipamento efectuada de acordo com os seus atributos principais, acrescido de contador sequencial de 3 dígitos.



Vantagens	Desvantagens
Maior percepção do tipo de equipamento em causa.	Complexidade do código. Não existe qualquer mais valia a partir do 2º nível.
	Sendo uma tarefa manual, existe uma forte possibilidade do código do equipamento não ser criado de forma consistente com a sua classificação

Quadro 4.2 – Hipótese 1

- **Hipótese 2** – O código do equipamento consiste num prefixo de 2 dígitos que identifica o correspondente Tipo de Equipamento, seguido de um número sequencial (número de dígitos a definir)



Vantagens	Desvantagens
Percepção geral do equipamento em causa, pela identificação do <u>Tipo</u> de equipamento incorporado no seu código.	Pela análise do código não será possível uma percepção mais completa das características do Equipamento:  Exemplo: será possível reconhecer que se trata de um Equipamento de Movimentação de Terras, mas não se é Bulldozer ou uma Escavadora.

Quadro 4.3 – Hipótese 2

**Hipótese 3** - A codificação do equipamento será efectuada apenas de uma forma sequencial sem qualquer inteligibilidade. Nesta opção, será apenas necessário definir o número de dígitos que o compõem.

Vantagens	Desvantagens
Simplificação da codificação	Não existe qualquer referência às características do equipamento.
Eliminação do potencial de inconsistências entre o código e a sua classificação (Tipo, Família, Sub-Família)	

Quadro 4.4 – Hipótese 3

O método adoptado pela Somague-Neopul Ace, foi o apresentado na hipótese 2. Por permitir uma percepção geral do equipamento em causa, pela identificação do tipo de equipamento incorporado no seu código.

## **4.2.6 A informática na Manutenção**

### **4.2.6.1 O software**

Os sub-sistemas de gestão, qualquer que seja o seu âmbito, têm na informação um poderoso recurso ao seu serviço...ou contra si. Este conceito genérico é reforçado por factores como a evolução tecnológica, a generalização dos sistemas de certificação (qualidade, ambiente, saúde e segurança, etc...) ou a melhoria dos níveis de formação e qualificação profissionais. Com impacto considerável nas organizações, estes factores produzem ameaças a um ritmo acelerado, escondendo oportunidades que apenas podem ser implementadas em tempo útil com sistemas de informação eficazes e eficientes. Actualmente, a relevância da manutenção para os resultados das organizações está consolidada. Em rigor, a importância é reconhecida na grande maioria das organizações, a estrita visão de centro de custo já não é dominante, mas escasseiam soluções integradoras. Este problema levou à proliferação na indústria de técnicas limitadas ao «controlo de obra» (tempo e material), o que, sendo condição necessária para um orçamento, é manifestamente insuficiente para as exigências de uma organização moderna que pretende conhecer e otimizar todos os recursos produtivos. Na transição para uma sociedade do conhecimento, com implicações profundas ao nível da cadeia de valor externa e da estrutura organizacional (redes de valor, outsourcing,...), a manutenção já não pode ser gerida por fichas de intervenção amontoadas em arquivos ou planos revistos anualmente (em véspera de auditoria...). São essenciais as ferramentas expeditas que armazenem os dados, notifiquem os intervenientes da manutenção e façam uma análise técnica e económica à actividade.

Os Sistema de Gestão da Manutenção são ferramentas informáticas, orientadas para informatizar, descentralizar e «conhecer» em profundidade a manutenção.

Analisando o mercado de Softwares de Gestão da Manutenção encontramos,

- Soluções «óptimas» que possuem como problemas o elevado custo e a inoperabilidade de um conjunto significativo das suas capacidades (na prática), em síntese, a solução adquirida aproxima-se do nível teórico e não é rentabilizada industrialmente;
- Soluções «péssimas» apresentando como características um custo médio (!) e uma fraca capacidade de armazenamento de dados (pouca informação relevante e/ou não estruturada) ou deficiente exploração dos dados introduzidos, constituindo um esforço elevado de carregamento do software – simples troca do armazenamento (papel – digital).
- A solução «ideal» será aquela que utiliza as melhores tecnologias, permita evolução e integração, não necessite de software adicional (ambiente Windows é o único requisito) e tenha

uma boa relação preço/qualidade, representando uma ferramenta que se caracteriza como crítica para o negócio.

"Sistema informático para gestão da manutenção é um programa organizado à volta de uma base de dados, permitindo programar e vigiar sob os três aspectos técnico, orçamental e organizativo, todas as actividades do serviço de manutenção e os meios desta actividade (serviços, máquinas, equipamentos, mão-de-obra, etc.) a partir de terminais disseminados nos gabinetes técnicos, oficinas e armazéns de stocks"

(M. Gabriel e Y. Primor, Maintenance Assisté par Ordinateur, Edições Masson, 1985)

#### **4.2.6.2 O “SLIGOin”**

##### **4.2.6.2.1 Caracterização**

O software SLIGOin desenvolvido pela SomagueTI, é uma aplicação de gestão, essencialmente orientada à gestão de activos, que integra o conjunto de funcionalidades necessárias à gestão de um negócio / empresa. Este software encontra-se a ser utilizado nas instalações da Somague-Neopul Ace desde Abril de 2005, Como qualquer software teve os seus problemas e erros no início e teve que ser adaptado às necessidades reais das oficinas, armazéns etc...

O SLIGOin, é uma aplicação destinada à gestão de operações que abarca diferentes áreas de gestão (de equipamentos, de intervenções, de materiais, de pessoal, de documentos), áreas que, em muitos casos, ultrapassam o âmbito da manutenção.

Baseado numa estruturação absolutamente configurável, o SLIGOin permite bastantes graus de liberdade, quer ao nível das codificações (de localização, de entidade, de pessoal, de materiais, de obras, etc) quer ao nível do reporte dos trabalhos e das obras, permitindo também ligações eficazes com a contabilidade e as funções financeiras, independentemente da plataforma que as suporta.

O Software dispõe da ferramenta “Help Desk” que trás diversas vantagens, registo de pedidos com o mínimo de detalhe, registo a partir da "Internet" e "Intranet", o utilizador pode verificar se os pedidos que reportou já foram alvo de tratamento, qualquer pessoa autorizada o pode fazer, quer elementos da operação, quer elementos da manutenção, o módulo de manutenção e gestão de activos é invisível para o elemento que faz o registo do incidente, essa informação alimenta o núcleo central da aplicação e é processada com parâmetros pré-definidos. Recepção de e-mail aquando da conclusão da solicitação.

##### **4.2.6.2.2 Caracterização técnica**

As bases de dados suportadas são as da Microsoft SQL Server 9, Oracle (8 ou superior), Sybase Adaptive Server Anywhere (previamente conhecido como SQL Anywhere) ou MSDE.

Em rede é adoptada a topologia “cliente servidor”, em que o servidor tem instalado o gestor de bases de dados, o Adaptive Server Anywhere ou Enterprise da Sybase, Oracle, SQL Server Microsoft ou MSDE, e o sistema operativo Windows 2000 ou superior.

#### **Servidor Dados**

**Software:** Microsoft SQL Server 2000, Sybase Anywhere 8, Oracle 9i

**Hardware:** PC Intel - compatível Pentium IV a 1000 MHz , 512 de MB de RAM (recomendados 1 GByte ou mais), Espaço em disco durante a instalação: 1 GByte , Espaço em disco para utilização: 800 MB

#### **Utilizador**

**Software:** Acesso ao servidor Web (internet ou intranet), Microsoft Internet Explorer 6.01 , Acrobat Reader 5.0 ou superior, para impressões, Microsoft Word 2000 ou superior, para impressões, Microsoft Excel 2000 ou superior, para exportações de dados

#### **Hardware**

PC Intel - compatível Pentium IV a 500 MHz, 128 de MB de RAM , Espaço em disco para utilização: 800 MB

### **4.2.6.2.3 Módulos**

Inclui Módulos: de Configuração de Instalações / Localizações, de Configuração de Equipamentos, Pessoal, de Gestão de Pedidos de Trabalho, de Gestão de Obras, Planeamento, de Gestão de Stocks e Aprovisionamentos, de Gestão e Controlo de Contratos (de prestação de Serviços a Instalações e Equipamentos), e de Análise de Informação Técnica

### **4.2.6.2.4 Principais capacidades do programa**

- Possibilidade de parametrizar toda a informação através de um assistente passo a passo de fácil utilização;
- Organização do parque de equipamentos;
- Codificação semi estruturada dos equipamentos dissociada da localização funcional;
- Desenho de fichas técnicas para cada tipo de equipamento;
- Possibilidade de associar figuras (jpg, gif, bmp) e outros documentos (doc, xls, etc) a cada equipamento;
- Diversas listagens de equipamentos baseadas no critério de filtragem definido;
- Níveis ilimitados na organização (árvore) funcional dos equipamentos;
- Após codificação de um equipamento pode-se, no mesmo local do programa, inserir os planos de manutenção e consequentes ordens de trabalho;

- Capacidade de filtragem incluindo a possibilidade de marca/desmarca para filtros finos e a criação de Query's (comandos SQL) pelo próprio utilizador;
- Possibilidade de gerir trabalhos controlados por datas, por registos de funcionamento (quilómetros, horas, ciclos, litros de combustível, etc.) ou pela combinação de calendário com registos de funcionamento;
- Acesso directo ao histórico dos trabalhos por equipamento ou através de um filtro definido pelo utilizador;
- Possibilidade de associar peças/artigos aos equipamentos. Este processo é automático se forem aplicadas peças nos trabalhos. Requer a integração com o módulo Gestão dos Materiais;
- Possibilidade de apontar custos directamente aos trabalhos, equipamentos áreas da instalação ou Centros de Custo;
- Relatório completo dos trabalhos com indicação dos tempos de espera, paragem de produção, duração do trabalho, custos e datas de início e fim da intervenção;
- Análise aos custos de manutenção nas vertentes de mão-de-obra, materiais e serviços de terceiros, através de listagens com gráficos;
- Relatórios de trabalhos completos: tarefas realizadas, custos, indicadores, diagnóstico, etc.

#### **4.2.6.2.5 Descrição Sumária de Funcionalidades do Módulo de OI's/OT's**

Para explorar este módulo é necessário a parametrização de departamentos e especialidades, de funcionários, de fornecedores, de tipos de trabalho, da biblioteca de preparações padrão, dos sintomas e das causas. Estas estruturas devem ser criadas no Assistente de Parametrização.

Para facilitar a sua consulta os trabalhos estão agrupados de acordo com o estado em que se encontram. Para cada separador existe a possibilidade de isolar um conjunto de trabalhos, estando estabelecidas algumas regras de funcionamento, tais como:

Procurar ter os trabalhos previamente planeados em fichas de manutenção e só depois gerar as Ordens de Trabalho;

Utilizar, para a elaboração das Fichas de Manutenção, a biblioteca de preparações;

Tratar as Ordens de Trabalho isoladamente de acordo com o tipo de trabalho;

Manter as datas dos trabalhos actualizadas.

Durante a sua existência, um trabalho pode passar pelos seguintes estados:

Programado – Aplica-se apenas para os trabalhos que podem ser planeados. É neste estado que se criam as Ordens de Trabalho sistemáticas e as planeadas não sistemáticas.

Em Curso – Depois de emitidos os trabalhos passam de Programados para Em curso. Neste estado já se pode iniciar o relatório do trabalho (apontamento de mão de obra, materiais e

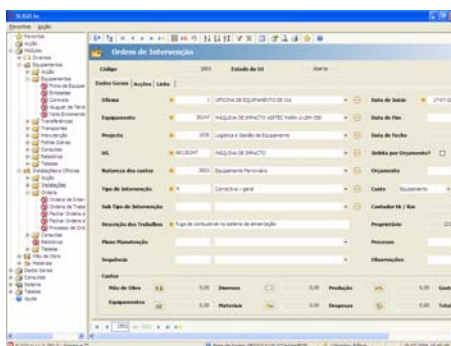
serviços). Para o sistema um trabalho Em curso é um trabalho que se encontra na área de intervenção técnica.

**Terminado** – Neste estado o trabalho já se encontra realizado. Já foi definida uma data e hora para fim da intervenção. Para os trabalhos sistemáticos, a operação Terminar coincide com a geração de um novo trabalho de acordo com a sua periodicidade.

**Histórico** – Os trabalhos neste estado são trabalhos que estão encerrados e para os quais já não se pode fazer o relatório. Todas as análises à manutenção incidem sobre os trabalhos já encerrados. É no encerramento do trabalho que o sistema faz a relação dos Objectos com os materiais aplicados.

**Incluir uma Ordem de Trabalho**

Para incluir uma Ordem de trabalho seleccionar no menu principal “Trabalhos” e clicar “Novo”.



**Figura 4.1 – Ecrã Trabalhos(software SLIGOin)**

**Análise à programação dos trabalhos**

A análise à programação dos trabalhos no dia a dia destina-se a saber o que há a fazer em determinado período de tempo – por exemplo, “...o que há a fazer na semana que vem? – avaliar as condições e os recursos que existem para realizar esses trabalhos e, assim, decidir o que se irá fazer. Isto é, destina-se a decidir quais as Ordens de Trabalhos que serão emitidas para a área de intervenção técnica afim de serem realizadas.

**Actualiza datas**

Actualização das datas das Ordens de Trabalho controladas por registos é a primeira operação a realizar antes de iniciar qualquer análise à programação dos trabalhos. Pode aceder a esta opção no menu “Ferramentas” e depois escolher “Actualiza datas”.

**Emitir Ordens de Trabalho programadas**

Para fazer a emissão de uma Ordem de trabalho, clicar em “Conjunto” e seleccionar o período de tempo pretendido, o tipo de manutenção e o equipamento e carregar em “OK” e depois em

“Emitir”. De seguida irá aparecer um quadro do género. Por fim selecciona-se o responsável e carrega-se em “Emitir”.

#### Relatório do Trabalho

Assim que a Ordem de Trabalho é emitida pode-se iniciar o relatório de trabalho. O relatório pode ser realizado conforme o trabalho vai sendo executado ou, no final, mesmo depois de o trabalho ter sido terminado. Para emitir o relatório basta clicar em “Relatório”.

#### Terminar Ordens de Trabalho Em Curso

Para terminar um Ordem de trabalho em curso basta carregar em “Terminar”.

#### Encerrar Ordens de Trabalho terminadas

Para terminar uma Ordem de trabalho Terminada basta carregar em “Encerrar”. Por fim carregar em “Fechar”.

### **4.2.6.3 Os «expert systems» ou sistemas periciais**

Segundo Pinto [19], no domínio da informática de manutenção não queremos deixar de referir os «Expert Systems» ou «sistemas periciais» aplicados à manutenção, que são programas informáticos de apoio ao diagnóstico e localização de avarias. Estes sistemas não são mais que aplicações informáticas onde através da introdução de dados que caracterizam um determinado estado de mau funcionamento de um equipamento, se obtém como «output» o tipo e localização da avaria em presença, e as acções que devem ser tomadas para a sua resolução. Estes programas, baseados na inteligência artificial, são compostos por regras, factos e heurísticas estabelecidos com base nos conhecimentos que os especialistas de manutenção detêm sobre os equipamentos e suas avarias, ordenados numa relação causa/efeito, conhecimentos esses que são transpostos para o programa e que nas situações de avaria previsíveis permitem o estabelecimento de árvores de decisão que respondem às questões que lhe são postas de uma forma interactiva.

Trata-se pois de um «arquivo» de conhecimentos técnicos relativos a equipamentos que pode ser utilizado por quem não detenha esse grau de conhecimentos, com as inerentes vantagens na rapidez de resposta e produtividade na resolução das avarias. O sistema permite ainda uma permanente actualização e desenvolvimento com novos dados que a experiência de exploração e funcionamento dos equipamentos aconselhem a introduzir.

Embora de custo elevado pela mobilização, qualificação e número de horas de trabalho dos meios humanos que exige para a sua execução, a sua aplicação em equipamentos e



instalações muito complexos e com riscos e ou custos muito elevados de indisponibilidade pode ser bastante rentável.

É previsível o seu desenvolvimento e aplicação em equipamentos de certa complexidade e com elevada utilização no mercado, circunstâncias que permitem um elevado número de unidades produzidas e um baixo custo por unidade dos Expert Systems para eles desenvolvido.

#### **4.2.6.4.Conclusões**

A gestão da manutenção é uma área de grande exigência que está devidamente estudada, existindo um conjunto estável de normas internacionais e boas práticas aceites com potencial de informatização.

Os recursos humanos com mais e melhor formação necessitam de meios que permitam explorar as suas competências, libertando as pessoas do trabalho de processamento. Os conhecimentos de informática são cada vez mais generalizados facilitando a implementação de software específico.

Da análise efectuada, concluímos que os softwares de gestão são ferramentas, orientadas para informatizar, descentralizar e «conhecer» em profundidade a manutenção.

Analizando os vários softwares no mercado, chegamos à conclusão que actualmente existe uma grande diversidade de softwares, para todo o tipo de empresa e com vários preços. No que se refere ao desempenho, concluímos que os softwares desenvolvidos por empresas nacionais, têm um nível de qualidade muito idêntico ao dos softwares comercializados por empresas internacionais.

Concluímos também que o módulo mais problemático é o da manutenção preventiva, pois muitos softwares não dispõem de ferramentas de estimativa de contadores, ou seja de previsão do valor actual, tendo em conta o histórico de contadores, alguns nem têm sistema de alertas, outros não permitem contadores temporais ou decrescentes, contadores estes muito utilizados nos equipamentos em que a segurança é vital, como é o caso das gruas. Existem também equipamentos que tem revisões condicionadas ou do género revisão cada 10 000kms ou a cada 6 meses (devemos fazer a que ocorrer primeiro), muitos softwares não conseguem trabalhar com estas duas condições em simultâneo.

Contudo existem os chamados softwares “óptimos” ERP’s(Enterprise Resource Planning.), como é o caso do SAP, que apresentam uma grande diversidade de opções e funcionalidades, mas que necessitam de utilizadores experientes e com formação específica, associados a custos elevados de aquisição e de hardware. Sendo aplicações integradas de gestão

administrativa têm a vantagem de integrar múltiplas funções de gestão dentro do mesmo ambiente com a consequente facilidade de troca de informação.

Porém, o Utilizador da gestão da manutenção costuma queixar-se, das seguintes desvantagens: Módulo de gestão da manutenção pouco eficaz para a manutenção; Exigência de disciplina excessiva para a manutenção real; Requisitos de introdução de dados pesados e complexos.

No mercado existem outros softwares mais “leves” e dedicados à Gestão da Manutenção, mais intuitivos para o utilizador, de menor tempo de aprendizagem, e que não necessitam de hardware tão exigente.

Concluimos que algumas empresas a tentar entrar no mercado com softwares novos, que estas desenvolveram, na expectativa de conseguirem penetrar no mercado, vendem o software mais barato. Uma empresa que tome a decisão de adquirir um destes softwares tem que analisar bem a proposta, pois um software que não foi testado exaustivamente, tem sempre erros, enquanto que os que já estão no mercado à algum tempo, já resolveram os erros do software, e estão optimizados como os utilizadores lhes pediram, e de acordo com as necessidades de várias empresas.

Consideramos que uma utilização no dia a dia de um Sistema de Gestão da Manutenção facilita a manutenção do parque de equipamentos de uma empresa, pois automatiza toda uma série de funções fundamentais para uma boa política de manutenção, permitindo também a sistematização de operações de manutenção, assim como o registo de todas as operações de manutenção, quer sejam elas planeadas ou não e uma fácil análise do histórico dos objectos de manutenção.

### 4.3 Atacadeira Pesada de Plena Via de Avanço Contínuo -Plasser & Theurer 09-3X

#### 4.3.1 Características:



N/N	31002	DIMENSÕES (mm)	COMPRIMENTO	29 990
Nº UIC	93 94 451 0045-5P		LARGURA	2 900
Nº ICS	46/05		ALTURA	4 130
Nº DE SÉRIE	3166	MOTOR	MARCA	Deutz
ANO DE FABRICO	2005		MODELO	BF8M 1015CP EMR
TARA (ton)	91		POTÊNCIA (kW)	440
BITOLA (mm)	1435 / 1668	TRANSMISSÃO	MARCHA	Hidrodinâmica
TRIPULAÇÃO	4		TRABALHO	Hidrostática
RENDIMENTO MÉDIO (m/h)	2200	VELOCIDADE MÁXIMA (km/h)	AUTOPROPULSIONADA	100
Nº DE EIXOS (TOTAL / MOTORES EM MARCHA / MOTORES EM TRABALHO)	7 / 2 / 5		REBOCADA	100
		SISTEMA DE FRENAGEM	TRABALHO	Pneumático
			ESTACIONAMENTO	Mecânico
		CAPACIDADE	ATAQUE	48 pioches, frequência 35 Hz
			LEVANTE (mm)	150
			RIPAGEM (mm)	150

**OBSERVAÇÕES:**

Máquina de avanço contínuo com 48 pioches que permite o ataque simultâneo de 3 travessas com um rendimento de 2200 m/h. Sistema óptico de alinhamento e nivelamento; Sistema CGV5; Registrador gráfico de oito canais RGV-1/8 com registro simultâneo em trabalho.

Figura 4.2 – Atacadeira 09-3X [22]

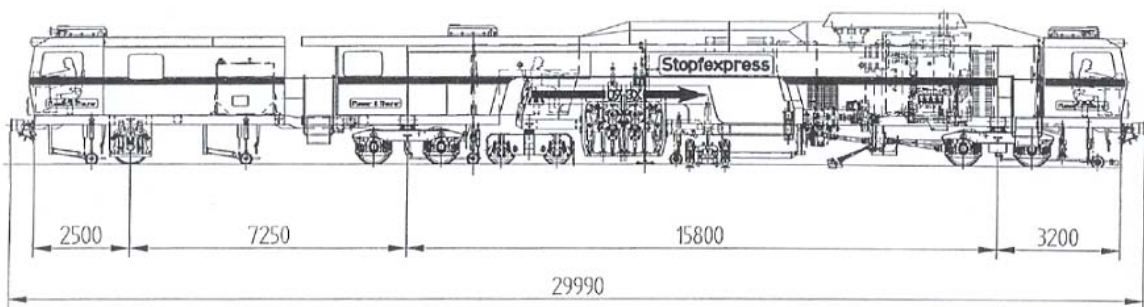


Figura 4.3 – Atacadeira 09-3X

#### Características da atacadeira 09-3X

- A primeira máquina atacadeira de acção contínua para três travessas no mundo
- Grupos de ataque para três travessas a cada ciclo
- Comutação, a partir da cabine, para atacar uma travessa de cada vez, se necessário
- Grupos de levantamento e ripagem com 2 pares de disco para cada trilho
- Cabine frontal com comandos de viagem e com computador de ajuste automático ALC
- Cabine traseira com comandos de operação e viagem
- Compactadores de ombros de balastro (opcionais)
- Vagão integrado de material e tensionamento, de um eixo

#### 4.3.2 Diagramas de Blocos

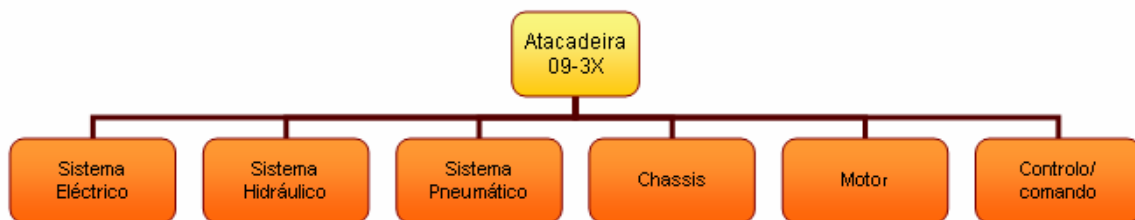


Figura 4.4 – Diagrama Atacadeira 09-3X

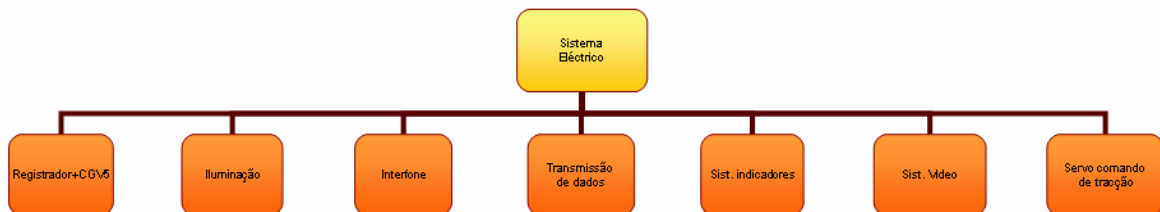
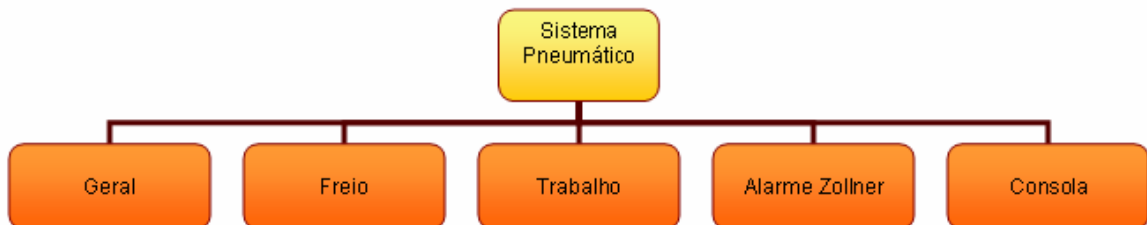


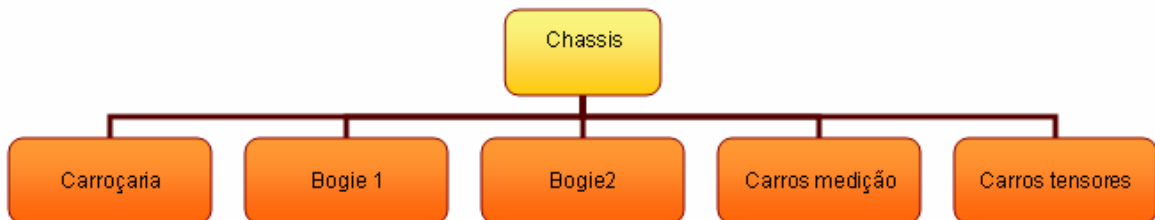
Figura 4.5 – Diagrama sistema Eléctrico



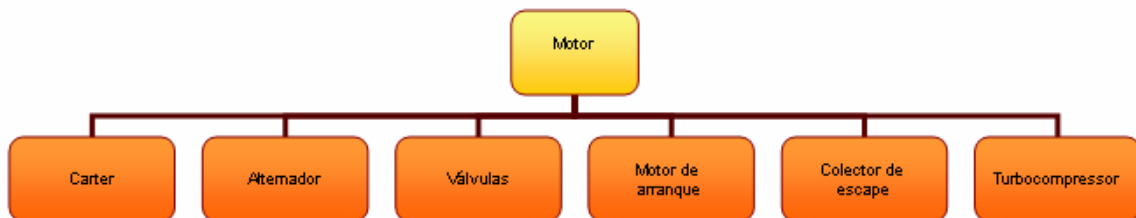
**Figura 4.6 – Diagrama sistema Hidráulico**



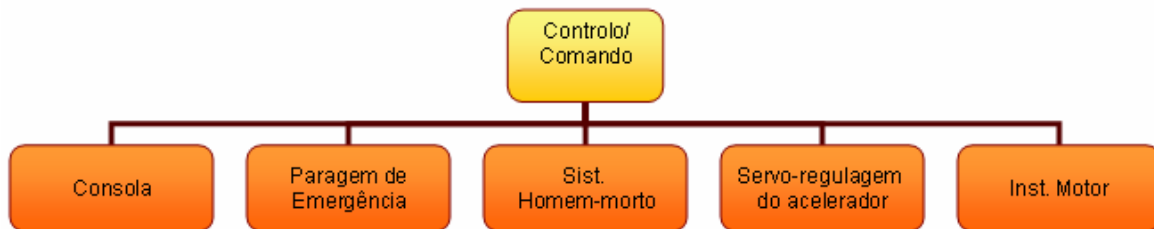
**Figura 4.7 – Diagrama sistema Pneumático**



**Figura 4.8 – Diagrama chassis**



**Figura 4.9 – Diagrama motor**



**Figura 4.10 – Diagrama Controlo/Comando**

### 4.3.3 Plasser & Theurer 09-3X – Sistemas e subsistemas

#### CABINAS

##### CABINA FRONTAL

[23]A cabina, dotada de janelas panorâmicas blindadas, contém todos os instrumentos de controlo e segurança para as viagens de traslado/circulação.

Além destes, também os elementos de comando e operação para o dispositivo de controlo, nivelamento e ripagem se encontram nesta cabina.

As janelas panorâmicas asseguram uma ampla visão durante as viagens de traslado e para o trabalho.

A altura da cabina é de 2 metros.

Através da plataforma da cabina frontal um corredor conduz às principais unidades de comando e motores (p.ex. motor diesel, bombas hidráulicas).



**Figura 4.11 – Cabina frontal [23]**

- 1 = Painel dos comandos do motor B 11
- 2 = Painel dos comandos pneumáticos, comando dos freios na frente
- 3= Pedal homem-morto SI F A
- 4 = Coluna das luzes de aviso da instalação de alarme de incêndio
- 5 = Receptor de rádio para controlo remoto

- 6 = Ventilador da cabina (caixa de filtro de ar com filtro)
- 7 = Painel dos comandos de trabalho B 4

#### CABINA TRASEIRA (CABINA DE TRABALHO)

Cabina fechada à frente dos dispositivos de trabalho.

Esta cabina fechada, dotada de janelas panorâmicas blindadas e situada à frente dos grupos de trabalho contém todos os instrumentos de controlo e operação, tanto para as viagens de traslado como também os elementos de operação para o trabalho.

Os comandos de trabalho são realizados a partir do assento de trabalho. Deste assento, o operador possui uma ampla visão sobre os grupos de ataque e o dispositivo combinado de levantamento e ripagem.

Além disso, um sistema de câmara com monitor também assegura uma boa visão do campo de trabalho

A máquina possui um tejadilho contínuo desde a cabina frontal até a cabina central.

Além disso, a máquina está equipada com um sistema de intercomunicação entre todas as cabinas.

O acesso às cabinas é feito através de degraus laterais com corrimãos, plataformas e portas frontais, trancáveis.

Cancelas de segurança de accionamento manual.

O valor de emissão de ruído nas cabinas de condução e de trabalho durante a sua operação é inferior ao valor limite de 85 dB(A).



**Figura 4.12 – Cabina traseira [23]**

- 1 = Painel dos comandos do motor B 5
- 2 = Painel dos comandos pneumáticos de freio, atrás
- 3 = Pedal homem morto SIFA
- 4 = Painel dos comandos do motor B 5, parte esquerda
- 5 = Coluna de alarme de incêndio
- 6 = Reservatório de água para a instalação do lava pára-brisas

## **MECANISMO DE TRACÇÃO**

### **MOTOR DE TRACÇÃO**

Motor Diesel - Deutz Tipo BF8M1015CP

### **DISPOSIÇÃO DO MOTOR**

O motor de tracção com os seus dispositivos auxiliares (bombas hidráulicas, compressores de ar, geradores de corrente) se encontra montado sobre uma armação própria, fixada ao quadro do chassis por meio de apoios elásticos de borracha e metal.

Os motores são de fácil acesso de todos os lados.

### **TRACÇÃO EM REGIME DE CIRCULAÇÃO (TRASLADO)**

Accionamento hidrodinâmico com caixa de velocidades sob carga, fabricação ZF, tipo 4WG65

A caixa de velocidades sob carga possui 4 marchas.

A primeira marcha está bloqueada para viagens de traslado (ela é usada somente nas marchas de trabalho).

Um bloqueio de marcha dependente do número das rotações de comando eléctrico permite que a marcha seja reduzida somente quando tiver sido alcançado o número de rotações adequado.

A tracção ocorre no bogie frontal.

A velocidade máxima é de 100 km/h a 2.100 r.p.m. Comando remoto eléctrico da caixa de velocidades e do mecanismo de inversão. Accionamento do bogie motor através de transmissão cardânica com caixa de velocidades intermédia agindo sobre ambos os eixos. Mancai intermediário na caixa de transferência do segundo eixo.

### **TRACÇÃO EM REGIME DE TRABALHO**

A tracção de trabalho é realizada através de motores hidráulicos e caixas de transferência para o bogie frontal e para o eixo 6.

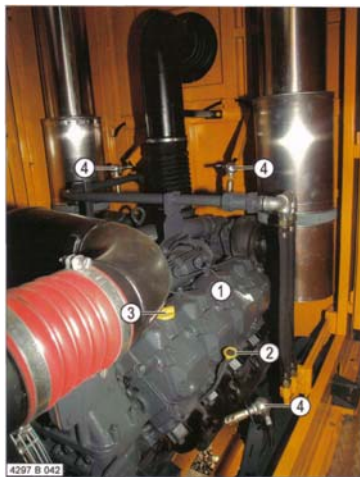
Para ver esquema das bombas hidráulicas consultar o anexo I.

### **REBOQUE DA MÁQUINA**

Ao rebocar a máquina é necessário que a caixa de velocidades sob carga esteja desengatada (colocar a alavanca de mudança na posição "Rebocar"). Além disso, é necessário soltar o travão de estacionamento, desligar o circuito eléctrico de frenagem e o dispositivo do homem morto - SIFA. A velocidade máxima rebocada é de 100 km/h (velocidades em dependência da



observação das prescrições concernentes à operação, transporte e regulamentos homologatórios).



**Figura 4.13 – Motor Deutz [23]**

1 = Motor "Deutz", BF8M1015CP/1334/COMII

2 = Vareta de controlo de óleo do motor

3 = Bocal de enchimento de óleo do motor

4 = Sensores, monitorização da temperatura

## **CHASSIS E CONJUNTO ROLANTE / RODADO**

### **CHASSIS**

Construção robusta soldada com perfis laminados e chapas de aço segundo os métodos técnicos mais modernos de soldadura e de construção.

O chassis foi projectado para resistir a uma força de pressão longitudinal de 1,2 MN (carga simétrica dos aparelhos de choque e tracção), de forma que ao montar o aparelho de choque e tracção, a máquina possa ser rebocada em comboio (carácter de veículo ferroviário regular).

### **CONJUNTO ROLANTE / RODADO**

Rodas:

Rodas monobloco forjadas nos 3 bogies (1, 3 e 4). Superfície de rolamento 920 mm.

Rodas monobloco forjadas nos eixos 3, 4 (bogie 2, satélite),

Superfície de rolamento 730 mm.

Apoio dos eixos:

Rolamento de rolos em caixas de mancal de eixo do lado externo das rodas.

**Bogie traseiro:**

O bogie traseiro é concebido como bogie motor (com tracção adicional para marcha de trabalho no eixo 6).

**Bogie frontal:**

Bogie motor de dois eixos, estrutura robusta - construção soldada de chapas de aço.

**Amortecedores - Bogies 1 e 3:**

Amortecimento do bogie por molas helicoidais montadas entre a caixa do mancal do eixo e o quadro do bogie.

**Amortecedores - Bogie 2 (eixos 3 e 4):**

Molas de borracha e metal. Amortecedores hidráulicos entre os eixos e o quadro do bogie.

**Suspensão do bogie:**

O pivô é conduzido no quadro do chassis de forma rígida e apoiado dentro de uma articulação esférica no centro do quadro do bogie.

**Amortecedores:**

4 amortecedores de atrito se encontram montados entre o quadro do bogie e a estrutura da máquina.

**Apoio dos eixos:**

Em todos os eixos da máquina estão montados hidrocilindros de apoio do eixo com regulação do curso de elevação. Em ambos os bogies estão montados hidrocilindros com regulação do curso de elevação, entre a viga transversal do bogie e o quadro do chassis, que servem de apoio do veículo. O apoio do eixo deve ser inspeccionado regularmente e reapertado, quando necessário.

No caso de vias em má posição, o apoio do eixo deve ser desconectado.



**Figura 4.14 – Bogie [23]**

- 1 = Torneira de fechamento do sistema de freio eléctrico (freio auxiliar)
- 2 = Chave fim de curso de posição da alavanca
- 3 = Cadeado de fixação da posição da alavanca
- 4 = "Ligar - desligar" válvula pneumática do sistema pneumático de trabalho
- 5 = Lubrificador pneumático (sistema pneumático de trabalho)
- 6 = Separador de água (sistema pneumático de trabalho)

## **FREIOS**

### **TIPO DE FREIO**

Freio de sapata a ar comprimido actuando sobre todas as rodas.

### **COMANDO**

Nas viagens de circulação autopropulsionadas: Freio de actuação directa sob forma de sistema de um circuito com válvulas eléctricas de freio.

A máquina vem equipada tanto com uma instalação activa de frenagem do comboio, como também de uma instalação passiva de frenagem. Em cada cabina de condução há uma válvula de freio do maquinista no painel dos comandos pneumáticos. Em cada uma das extremidades da máquina há acoplamentos de mangueiras para o sistema de frenagem indirecta do comboio.

No modo de trabalho, todas as unidades de freio são comandadas por hidrocilindros ao invés de cilindro pneumáticos. Estes estão conectados às alavancas de direccionamento dos cilindros de freio por meio de timoneria ou de forquilha. A alimentação de pressão ocorre através de válvulas magnéticas de 4 vias com válvulas reductoras ajustáveis montadas à frente. Como, depois de desligado o motor diesel, a pressão no sistema hidráulico cai com relativa rapidez, deve-se activar o freio de estacionamento nas máquinas com freio de trabalho hidráulico quando se desliga o motor

### TRAVÃO DE ESTACIONAMENTO

Através de volante que age sobre fuso, talha e alavancas sobre as rodas do bogie frontal.

### DESGASTE DAS SAPATAS DE FREIO

O desgaste máximo permitido das sapatas de freio deve ser controlado mediante inspecção visual.

### GRUPOS DE ATAQUE

Dois grupos de ataque para 3 travessas, tripartidos em relação transversal ao eixo da via, com ao todo 48 pioches para o ataque simultâneo de três travessas.

Os pioches estão dispostos em pares, opostamente uns aos outros, em ambos os lados de cada carril.

Através de ao todo quatro colunas de guia verticais (duas por grupo de ataque), cada grupo de ataque de 3 travessas está montado dentro de um bastidor próprio e este à estrutura externa.

Na sua extremidade frontal, a estrutura externa dos grupos de ataque está ligada ao chassis principal por meio de roletes de guia, movimentando-se em sentido longitudinal. A sua extremidade traseira se apoia na via por meio de um bogie. Durante o trabalho, a máquina avança continuamente, enquanto que o a estrutura dos grupos de ataque avança de forma cíclica, movida pela tracção hidráulica de trabalho do bogie da estrutura. O comando da sequência de trabalho pode ser realizada pelo operador de forma completamente automática, semi-automática ou manual.

Ao trabalhar em curvas, os grupos de ataque são centrados automaticamente sobre os carris (deslocamento lateral automático dos roletes de guia em conformidade com o raio da curva).

Em razão da divisão transversal dos grupos de ataque, a máquina pode ser aplicada da seguinte maneira:

- como atacadeira de trabalho contínuo para o ataque simultâneo de três travessas
- como atacadeira de trabalho contínuo para o ataque de uma travessa

Quando necessário, a máquina também pode ser aplicada:

- como atacadeira de trabalho cíclico para o ataque de três travessas, e
- como atacadeira de trabalho cíclico para o ataque de uma travessa.



**Figura 4.15 – Grupo de ataque [23]**

- 1 = Grupo de ataque frontal
- 2 = Grupo de ataque traseiro
- 3 = Reservatório de óleo para lubrificação das hastes dos pioches
- 4 = Vidro de inspeção do reservatório de óleo para lubrificação das hastes dos pioches
- 5 = Mecanismo de aferrolhamento dos grupos de ataque
- 6 = Correntes de segurança com olhais para fixação dos grupos de ataque (posição de transporte)
- 7 = Dispositivo de registo de nivelamento central
- 8 = Limpa-balastro

## **SISTEMA DE ATAQUE**

### **ATAQUE POR VIBRAÇÃO A PRESSÃO, PRINCÍPIO DE ATAQUE ASSÍNCRONO DE VIBRAÇÃO POR PRESSÃO IGUAL**

com:

- uma frequência óptima de ataque de 35 Hz
- oscilação direccionada, em linha recta

### **VIBRAÇÃO**

O movimento de oscilação dos pioches é gerado por um eixo de vibração (eixo excêntrico) apoiado no centro de cada unidade de ataque. O accionamento é realizado por um motor hidráulico. No eixo estão apoiados bielas que transmitem o movimento excêntrico às hastes dos pioches, de forma fazê-los vibrar. As bielas são concebidas sob forma de cilindros hidráulicos.

### MOVIMENTO DE FECHAMENTO E ABERTURA DOS PIOCHES

Os movimentos de fechamento e abertura dos pioches ocorrem mediante cilindros hidráulicos de biela. Todos os cilindros de um grupo de ataque encontram-se ligados a um conduto de abastecimento comum, razão pela qual todos os pioches exercem a mesma pressão, obtendo-se, assim, o chamado efeito assíncrono, ver pressões no Anexo II.

A pressão de fechamento (pressão de ataque) pode ser ajustada sem graduações, para melhor adaptação às condições do leito de balastro.

Para a estabilização da amplitude existe um circuito hidráulico próprio, de forma a ser facilitada a penetração dos pioches em leitos de balastro fortemente incrustados.

No caso de travessas duplas, a amplitude de abertura pode ser aumentada mediante o desligamento do limite de curso.

### MOVIMENTO DE SUBIDA E DESCIDA DOS GRUPOS INDIVIDUAIS DE ATAQUE

Cada movimento de subida e descida dos grupos de ataque é realizado por um cilindro hidráulico através de um comando proporcional de profundidade. A profundidade de ataque pode ser seleccionada continuamente pelo operador da máquina na cabina 2.

### PIOCHES

Os pioches se encontram arrançados em pares do lado externo e interno de cada carril, sendo que cada par oposto de pioches penetra simultaneamente nos espaços entre as travessas.

A máquina está equipada com pioches de alta resistência ao desgaste (placas de pioche de carboneto de metal duro).

### LUBRIFICAÇÃO

Lubrificação central de óleo para os mancais das hastes dos pioches.

Lubrificação central de massa lubrificante para todos os outros pontos de lubrificação dos grupos de ataque, tais como os eixos de vibração, mancais centrais, bronzes, cavilhas da biela, colunas de guia e chapas de impacto.

A lubrificação é activada tão logo tenha sido ligado o modo de trabalho e os eixos de vibração dos grupos de ataque começarem a funcionar.

### GRUPO COMBINADO DE LEVANTAMENTO E RIPAGEM

A máquina está equipada com sistemas combinados de levantamento e ripagem a disco, dispostos imediatamente à frente dos grupos de ataque. Eles se encontram apoiados de forma móvel dentro de um próprio quadro. Este quadro está ligado por timoneria longitudinal articulada à estrutura externa dos grupos de ataque.

Em um só ciclo de trabalho é realizada a operação de levantamento e de ripagem.

O levantamento ocorre de forma centrada sobre cada linha, sem apoio sobre o balastro.

Para cada linha há dois pares de disco de levantamento e dois discos de duplo friso para a ripagem. Na posição fechada, os pares de disco de levantamento apanham o boleto do carril por fora e por dentro. Desta forma, cada par de disco forma uma pinça que é fechada e aberta por um cilindro hidráulico.

Devido à disposição dos discos de levantamento em forma de pinça e em consequência da força de levantamento vertical não podem ser transmitidos momentos de derrubamento aos carris, de forma que não são transmitidos maiores esforços às fixações dos carris.

Durante o processo do levantamento, a via, que é segurada pelas pinças em quatro pontos, é puxada para cima por cilindros de levantamento montados de forma articulada no bastidor dos grupos de levantamento.

Para a operação da ripagem, cada grupo de levantamento e ripagem está dotado de dois rolos de duplo friso e cilindros hidráulicos transversais, montados ao bastidor de forma articulada.

A ripagem da via é realizada pelos cilindros de ripagem que movimentam os grupos de levantamento e ripagem para a direcção desejada. Aqui, a força de ripagem é transmitida à via através das falanges dos discos de ripagem. Devido a essa distribuição da força de ripagem, os esforços dos meios de fixação são mantidos ao mínimo. A via é ripada para a sua posição correcta sem choques.

No início do trabalho, os grupos combinados de levantamento e ripagem são baixados sobre a via onde permanecem durante o completo processo de trabalho. Ao avançar, tanto os oitos discos (pinças) de levantamento, como também os quatro discos de ripagem rolam sobre a linha, enquanto que as fixações dos carris não são tocadas pelas pinças de levantamento.

Se uma pinça de levantamento atinge um obstáculo, como, p.ex. uma tala de junção ou ponto de solda, ela simplesmente acompanha esse obstáculo, sem provocar qualquer dano à via ou à máquina.

Mesmo juntas de carris com talas de união podem ser levantadas sem qualquer problema.

Mesmo que um par de discos (que formam uma pinça) não possa agarrar completamente o carril, a outra pinça permanece fechada debaixo do boleto do carril.

Os discos de levantamento são ajustáveis, de forma a poderem ser adaptados às diferentes formas de carris.

Como os grupos de levantamento e ripagem podem ser movimentados para todos os lados e os cilindros hidráulicos estão sem pressão, os grupos se adaptam à curvatura da via durante o avanço da máquina, sem transmitir esforços ao carril.

A operação de levantamento e ripagem é iniciada automaticamente no momento da descida dos grupos de ataque.

O levantamento é mantido até que o dispositivo de nivelamento interrompe automaticamente o circuito de comando da automática de levantamento. A via permanece em estado levantado até que o ciclo de ataque tenha sido concluído.

O comando da operação de ripagem também ocorre automaticamente. Erros de alinhamento são verificados automaticamente pelo sistema de medição de 3 pontos por uma corda da Plasser & Theurer e transmitidos, por via electrónica, à automática de comando da ripagem. Ao alcançar a posição de projecto, o processo de ripagem é automaticamente concluído.



**Figura 4.16 – Grupo combinado de levantamento e ripagem [23]**

- 1 = Pinça de disco do grupo de levantamento
- 2 = Ajuste da altura do prato das pinças de levantamento
- 3 = Ajuste rápido da altura das pinças (excêntrico)
- 4 = Chave fim de curso indutivo do dispositivo de segurança contra descarrilamento das pinças
- 5 = Corrente de segurança das pinças de levantamento
- 6 = Chave fim de curso indutivo para posição do grupo de levantamento em cima
- 7 = Câmara de monitorização da área das pinças, lado esquerdo

### **SISTEMA DE MEDIÇÃO DO ALINHAMENTO**

A máquina está equipada com o Sistema de Nivelamento Proporcional-Paralelo da Plasser & Theurer.

A via é apalpada em três pontos de cada linha:

- na frente do bogie traseiro (DG3)
- na área do ataque
- na frente do bogie frontal (DG1)

Do ponto de referência traseiro até o ponto de referência dianteiro encontra-se esticada uma corda de aço que forma a linha de referência para o nivelamento longitudinal.

Na timoneria sensora, disposta acima da área de ataque, está montado um registador dos valores de medição do lado esquerdo e direito. Através de uma forquilha, o registador regista a altura das cordas de aço.



A instalação de nivelamento é ligada através da descida dos grupos de ataque. Uma tensão correspondente ao levantamento necessário é fornecida pelo sistema de medição acima da área de ataque. Por meio de amplificação, esta tensão activa um servo-sistema que regula o volume de óleo a ser fornecido ao cilindro de levantamento.

Durante todo o processo de ataque o dispositivo de nivelamento e o grupo de levantamento e ripagem permanecem ligados, de forma a haver permanentemente um controlo automático do nivelamento longitudinal e transversal da via. Quando os grupos de ataque são levantados, a instalação de nivelamento é desligada.

Da mesma forma, também o nivelamento transversal é comandado por ambas as cordas de aço. No carro de registo dos valores de medição (ponto de referência frontal) está montado um pêndulo electrónico de precisão que regula automaticamente o nivelamento transversal de ambas as cordas de nivelamento, de forma que estas sempre correspondam ao valor de projecto.

## MODOS DE TRABALHO

Com o sistema de nivelamento proporcional se pode trabalhar segundo os seguintes métodos:

### Método da compensação

Ao trabalhar as vias segundo o método da compensação, os erros de nivelamento longitudinal existentes são reduzidos, enquanto que os erros de nivelamento transversal são compensados integralmente.

O levantamento completo da via compõe-se:

- do levantamento em decorrência da relação de redução e
- do levantamento básico pré-seleccionado

O levantamento básico é seleccionado electronicamente através do deslocamento do ponto zero da respectiva corda de referência.

### Método da precisão

Os valores de levantamento da linha de referência são averiguados antes do trabalho mediante o nivelamento prévio e marcados em cada 5a. a 10a. travessa. Durante o trabalho, a respectiva corda de referência esquerda ou direita é ajustada electronicamente através do deslocamento do ponto zero em conformidade com os valores marcados, enquanto que a outra corda é trazida à posição transversal correcta por meio da automática de ajuste. O levantamento em si é comandado da forma descrita acima. Através desse método, obtém-se um nivelamento longitudinal absoluto.

### CONTROLO DO NIVELAMENTO TRANVERSAL

- a. Um outro pêndulo eléctrico de precisão serve para controlar o nivelamento transversal das travessas a serem atacadas. O controlo visual pelo operador sentado na cabina 2 é feito por meio de um instrumento indicador.
- b. O controlo do nivelamento transversal da via ripada é realizado por meio de um indicador digital em conexão com um pêndulo de precisão.



**Figura 4.17 – Carro de medição**

- 1 = Carro de medição (rolete guia)
- 2 = Mecanismo de aferrolhamento do carro de medição
- 3 = Chave fim de curso indutivo para carro de medição aferrolhado / desaferrolhado
- 4 = Corda de segurança do carro de medição
- 5 = Transmissor dos valores de medição (potenciómetro)
- 6 = Pêndulo eléctrico de controlo do nivelamento transversal traseiro (via concluída)
- 7 = Dispositivo de registo do nivelamento traseiro
- 8 = Cilindro de aceleração do satélite
- 9 = Cilindro de amortecimento do satélite atrás

### SISTEMA DE MEDIÇÃO DA RIPAGEM

A máquina está equipada com o sistema de medição do alinhamento por uma corda da Plasser & Theurer.

A máquina reconhece os erros de alinhamento através do sistema de medição por 3 ou por 4 pontos e os elimina.

Uma corda de aço se encontra esticada debaixo da máquina. Ao ripar por 4 pontos, a base de medição da corda é de 22.659 mm. Ao ripar por 3 pontos, a base de medição é de 16.650 mm. A flecha é medida electronicamente. Os transmissores dos valores de medição do sistema por uma corda estão ligados com um servomecanismo através de um sistema electrónico que controla automaticamente o processo da ripagem. O valor medido é mostrado em um instrumento que se encontra à frente do maquinista. O ponteiro deste instrumento indica o desvio da via em relação à posição de projecto, averiguada pelo sistema de medição por uma

corda, além do movimento da via durante o procedimento da ripagem e, finalmente, a posição da via após o processo da ripagem que deverá estar conforme com os valores de projecto. Nas rectas, a flecha deverá indicar o valor zero. No caso de um desvio, o procedimento da ripagem é ligado automaticamente, até que tenha sido alcançado o valor zero. Nas curvas da via, o valor de projecto da flecha é ajustado pelo maquinista ou averiguado por um valor de ajuste automático (CGV 5). O sistema de medição da ripagem ainda abrange carros de medição e carros tensores assentáveis na via. Os roletes de guia desses carros são comprimidos pneumaticamente contra a linha de referência. Eles são construídos de forma que o friso da roda e a superfície de rolamento horizontal possam girar independentemente um do outro. Para as viagens de traslado, os carros de medição e os carros tensores são suspensos e fixados no quadro da máquina.



**Figura 4.18 – Carro tensor traseiro (sistema de medição de ripagem [23])**

- 1 = Carro de registo da medição (rolete guia)
- 2 = Cilindro pneumático para deflexão do fio
- 3 = Transmissor de compensação (potenciômetro) para a deflexão do fio
- 4 = Transmissor da flecha (potenciômetro) para o registo gráfico
- 5 = Transmissor do nivelamento longitudinal (potenciômetro) para o registo gráfico
- 6 = Válvula pneumática para a deflexão do fio esquerdo
- 7 = Válvula pneumática para a deflexão do fio direito

#### **4.3.4 A primeira Atacadeira de via 09-3X em operação**

No Outono de 1996 a 1ª atacadeira 09-3X Dynamic Express, uma máquina de ataque de 3 travessas, operada pela empresa Scheuchzer entrou ao serviço. A 1ª máquina deste género a entrar ao serviço na Suíça começou as operações de manutenção na linha de alta velocidade Rothrist-Matt-StettenU (linha a sul de de Olten e a norte de Berna).

Mais desenvolvimentos em máquinas de operações combinadas ataque, estabilização, regulação.

Toda a operação de manutenção de via requer um número de processos de trabalho que tem que ser coordenados uns com os outros. Conforme melhor os métodos de trabalho actuarem entre si, maior será a capacidade de produção, a qualidade do trabalho e o custo-eficiência.

A atacadeira 09-3X Dynamic Express, o topo de gama das máquinas combinadas da Plasser & Theurer, reúne as vantagens de ser a atacadeira mais rápida do mundo, com a vantagem comprovada na estabilização dinâmica de via. O modelo suíço está agora equipado adicionalmente com um reboque com uma brosa instalada, e com espaço para instalação de um sistema de regulação de balastro. O sistema integrado de medição de alinhamento e nivelamento fornece o equipamento essencial para sequencias de trabalho controladas, e garante uma boa qualidade na geometria da via.

Do ponto de vista do departamento de operações dos caminhos de ferro, o tempo mínimo de ocupação do troço de trabalho será um dos argumentos para a sua grande e cada vez melhor utilização. A máquina deve conseguir uma produtividade máxima no menor tempo de trabalho disponível.

#### 4.4 – FME(C)A - Aplicação prática da metodologia ao caso em estudo

De acordo com a abordagem FMECA descrita no capítulo 3, vamos elaborar um documento, que mostra uma Análise de Modos de Falha, Efeitos e Criticidade dos componentes constituintes da Atacadeira de via 09-3x Plasser & Theurer, alvo do presente estudo.

##### 4.4.1 - Severidade

[31]O primeiro passo da análise de risco é quantificar a Severidade dos Efeitos. Os Efeitos são avaliados numa escala de 1 a 4, sendo o 4 o mais severo. A Matriz de Severidade utilizada no presente trabalho é apresentada no Quadro 4.5.

NÍVEL	CÓDIGO
Catastrófico	4
Crítico	3
Marginal	2
Insignificante	1

**Quadro 4.5 – Matriz de Severidade**

Os níveis de severidade apresentados podem ser descritos qualitativamente, de acordo com o Quadro 4.6.

NÍVEL DE SEVERIDADE	CONSEQUÊNCIAS PARA PESSOAS E/OU MEIO AMBIENTE	CONSEQUÊNCIAS PARA O SERVIÇO
<b><i>CATASTRÓFICO</i></b>	Morte e/ou várias pessoas gravemente feridas e/ou prejuízos muito graves para o ambiente.	Perda do sistema principal
<b><i>CRÍTICO</i></b>	Uma morte e/ou uma pessoa gravemente ferida e/ou prejuízos graves para o ambiente.	Eventual perda do sistema principal
<b><i>MARGINAL</i></b>	Ferimentos menores e/ou ameaça grave para o ambiente.	Prejuízos graves para um (ou vários) componente(s) do sistema principal.
<b><i>INSIGNIFICANTE</i></b>	Eventualmente um ferido ligeiro.	Prejuízos menores para o sistema.

**Quadro 4.6 - Níveis de Gravidade das Situações Potencialmente Perigosas**

Os efeitos são avaliados como um grupo quando se avalia o risco, embora estejam atribuídos níveis de Severidade individualmente. É assumido que todos os Efeitos acontecem se o Modo de Falha ocorre. Então, o Efeito mais grave toma relevo quando se avalia o risco potencial. Alterando o projecto ou mudando o processo podem-se reduzir os níveis de Severidade.

#### **4.4.2 - Causas**

Depois dos Efeitos e Severidade serem identificados, o próximo passo é identificar as Causas dos Modos de Falha. A identificação deverá começar com os Modos de Falha com os Efeitos mais severos. Num projecto, as deficiências de projecto que resultam num Modo de Falha são Causas de falha. Deficiências de projecto que induzem em erro de fabrico ou de operação também são incluídas como Causas a nível de projecto.

Num processo, as Causas são erros específicos descritos em termos de algo que pode ser corrigido ou pode ser controlado. É assumido que o produto é criado adequadamente, e não falhará por causa de uma deficiência de projecto [23].

No caso presente não se afloraram as Causas que levam aos Modos de Falha porque praticamente todas elas são demasiado óbvias após leitura dos Modos de Falha correspondentes.

#### 4.4.3 - Probabilidade de Ocorrência

As Causas são avaliadas em termos de Ocorrência. Ocorrência é a probabilidade que uma Causa particular possa acontecer e resultará no Modo de Falha durante a vida útil e uso do produto.

Considerando que a Ocorrência é definida como a probabilidade da Causa acontecer, não se define a probabilidade dos Modos de Falha e Efeitos subsequentes ocorrer. Neste caso foi tomada em conta a relação Causa-Modo de Falha, partindo do pressuposto que se a Causa acontece, o Modo de Falha ocorrerá. Por sua vez, também é assumido que se o Modo de Falha ocorre, logo o Efeito que lhe está adstrito acontece.

No modelo de FMECA apresentado neste trabalho considerou-se seis níveis distintos de Probabilidade de Ocorrência, conforme Quadro 4.7.

OCORRÊNCIA	CÓDIGO
Frequente	6
Provável	5
Ocasional	4
Remota	3
Improvável	2
Impossível	1

**Quadro 4.7 – Matriz de Probabilidade de Ocorrência**

Os níveis de probabilidade de ocorrência apresentados podem ser descritos qualitativamente e quantitativamente, de acordo com o Quadro 4.8

CATEGORIA	DEFINIÇÃO	PROBABILIDADE DE OCORRÊNCIA
<b><i>FREQUENTE</i></b>	Fortes hipóteses de ocorrer frequentemente. A situação potencialmente perigosa está sempre presente.	$P > 0,6$
<b><i>PROVÁVEL</i></b>	Pode ocorrer muitas vezes. Pode-se esperar que a situação potencialmente perigosa ocorra muitas vezes.	$0,3 < P \leq 0,6$
<b><i>OCASIONAL</i></b>	Fortes hipóteses de ocorrer várias vezes no ciclo de vida do sistema.	$0,3 < P \leq 0,6$
<b><i>REMOTA</i></b>	Fortes hipóteses de ocorrência algumas vezes no ciclo de vida do sistema. É razoável esperar que a situação potencialmente perigosa possa ocorrer	$0,1 < P \leq 0,3$
<b><i>IMPROVÁVEL</i></b>	Poucas hipóteses de ocorrer, mas possível. Pode-se assumir ocorrência excepcional de perigo potencial.	$0,05 < P \leq 0,1$
<b><i>IMPOSSÍVEL</i></b>	Extremamente difícil de ocorrer. Pode-se assumir a não ocorrência de perigo potencial.	$0 < P \leq 0,05$

**Quadro 4.8 – Frequência de Ocorrência dos Acontecimentos**

Exemplo: a probabilidade de o filtro de óleo lubrificante não filtrar partículas sólidas está compreendida entre 30% a 60%, logo é ocasional e classificada com o nível “4” da probabilidade de ocorrência.

#### 4.4.4 - Detectabilidade

Os valores de Detectabilidade são uma medida da capacidade de detectar as Causas ou mecanismos de falha ou os subsequentes Modos de Falha. É atribuído um valor de Detectabilidade que representa essa capacidade, conforme se apresenta no Quadro 4.9.

NÍVEL	CÓDIGO
Impossível	4
Difícil	3
Moderada	2
Fácil	1

Quadro 4.9 – Matriz de Detectabilidade

Os valores da detectabilidade apresentados podem ser descritos qualitativamente e quantitativamente, de acordo com o Quadro 4.10

CATEGORIA	DEFINIÇÃO	PROBABILIDADE DE DETECTAR UMA FALHA
<b>IMPOSSÍVEL</b>	Impossível de detectar, não detectável a olho nu, impossibilidade de utilização de equipamento especial.	$P=0$
<b>DIFÍCIL</b>	Difícil de detectar, não detectável a olho nu, só se consegue detectar com recurso a equipamento especial.	$0 < P \leq 0,5$
<b>MODERADA</b>	Hipótese moderada de ser detectável, não detectável a olho nu, consegue-se detectar com recurso ao equipamento /aparelhagem da máquina.	$0,5 < P \leq 1$
<b>FÁCIL</b>	Fortes hipóteses de detectabilidade, detectável a olho nu	$P=1$

Quadro 4.10 – Detectabilidade

Exemplo: a probabilidade de detectar que o filtro de óleo lubrificante não filtrar partículas sólidas está compreendida entre 0% a 50%, logo é difícil de detectar, pois não é detectável a olho nu, só se conseguindo detectar com recurso a equipamento especial, como é o caso do controlo de condição do óleo, que pode detectar as partículas sólidas que não estão a ser devidamente filtradas pelo filtro. É assim classificada com o nível “3” da probabilidade de detectar uma falha em tempo útil.



#### 4.4.5 - Redução do Risco

O objectivo fundamental da FMECA é recomendar e tomar acções para reduzir o risco [37].

Estas acções quando exercidas frequentemente resultam numa Severidade, Ocorrência, ou nível de detecção mais baixos. Uma revisão ao projecto ou processo pode resultar numa Severidade e Probabilidade de Ocorrência mais baixos. Se nenhuma acção é recomendada, a decisão para não agir também deverá ser anotada.

#### 4.4.6 - RPN e Criticidade

O Número de Prioridade de Risco (RPN) representa o produto matemático da severidade de um grupo de Efeitos, a probabilidade da Causa poder criar a falha associada a esses Efeitos (Ocorrência), e uma capacidade para detectar a falha antes do acontecimento (Detectabilidade) [31]. Em forma de equação:

$$RPN = S \times O \times D \quad (4.1)$$

Este número é usado para ajudar a identificar os riscos mais sérios e conduzir a acções correctivas. Severidade, Ocorrência, e Detecção não têm igual peso em termos de risco. A distorção é composta pela natureza não linear dos níveis individuais.

Como resultado, alguns valores de S.O.D produzem RPNs mais baixos que outras combinações, mas de maior risco.





Elevados valores de Severidade merecem atenção especial, particularmente quando juntos com valores de Ocorrência também altos. O termo Criticalidade (ou criticidade) foi desenvolvido para chamar atenção a estas combinações. Criticalidade é definido como o produto matemático de Severidade e Ocorrência. Esta definição não corrige o problema completamente. Severidade e Ocorrência ainda são desiguais em termos de risco, e os níveis continuam não lineares.

No Quadro 4.11 mostra-se a Matriz de Criticidade, que corresponde ao produto da Frequência de Ocorrência (O) pelo Nível de Severidade (S).

6	Frequente	6	12	18	24
5	Provável	5	10	15	20
4	Ocasional	4	8	12	16
3	Remota	3	6	9	12
2	Improvável	2	4	6	8
1	Impossível	1	2	3	4
		Insignificante	Marginal	Crítico	Catastrófico
		1	2	3	4

Quadro 4.11 – Matriz de Criticidade

No Quadro 4.12 mostra-se a Matriz do Número de Prioridade de Risco (RPN), que não é mais do que o produto da Matriz de Criticidade (S.O) pela Tabela de Detectabilidade estipulada (D).

		Detectabilidade 1  4				Detectabilidade 1  4				Detectabilidade 1  4				Detectabilidade 1  4			
6	Frequente	6	12	18	24	12	24	36	48	18	36	54	72	24	48	72	96
5	Provável	5	10	15	20	10	20	30	40	15	30	45	60	20	40	60	80
4	Ocasional	4	8	12	16	8	16	24	32	12	24	36	48	16	32	48	64
3	Remota	3	6	9	12	6	12	18	24	9	18	27	36	12	24	36	48
2	Improvável	2	4	6	8	4	8	12	16	6	12	18	24	8	16	24	32
1	Impossível	1	2	3	4	2	4	6	8	3	6	9	12	4	8	12	16
		Insignificante 1				Marginal 2				Crítico 3				Catastrófico 4			

Quadro 4.12 – Número de Prioridade de Risco (RPN)

#### 4.4.7 – FME(C)A - Aplicação prática

De acordo com os elementos constantes nas tabelas anteriores foi elaborado um documento, conforme Figura 4.19, que mostra uma Análise de Modos de Falha, Efeitos e Criticidade dos componentes constituintes da Atacadeira de via 09-3x Plasser & Theurer, alvo do presente estudo. Quanto à sistematização dos modos de falha, esta foi baseada nos diagramas de blocos apresentados no sub-capítulo 4.3.2 e para cada sistema vimos quais os modos de falha dominantes. Esta classificação foi feita com base em informações difusas oriundas dos mecânicos electricistas e técnicos de manutenção do equipamento assim como da experiência pessoal como “perito” do autor desta tese sobre o equipamento em causa.

## ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA, EFEITOS E CRITICIDADE (FMECA)

EQUIPAMENTO: ATACADEIRA DE VIA PLASSER & THEURER 09-3X

LOCAL: ESTALEIRO CENTRAL-PEGÕES

RESPONSÁVEL PELA ANÁLISE: FILIPE MANUEL CORREIA FILIPE

DATA: 3 DE OUTUBRO DE 2006

CÓDIGO	DESIGNAÇÃO	SISTEMA	MODOS DE FALHA	EFEITOS DE FALHA	FREQ. OCORR.	NÍVEL SEV.	CRITIC.	MEIOS DETECÇÃO	DETECT.	RPN	AÇÕES MANUTENÇÃO
M-010101	Filtro de óleo lubrificante	Motor	Desgaste	O filtro não filtra partículas sólidas	4	2	8	Inspeção visual / Controlo de condição	3	24	Inspeccionar periodicamente
				As partículas que se soltam do filtro podem danificar o funcionamento do motor							
			Colmatção	O filtro não deixa passar o fluido nas condições requeridas	4	3	12	Inspeção visual	3	36	Substituição do filtro
M-010102	Válvulas	Motor	Desgaste	A válvula não veda	3	2	6	Inspeção visual	3	18	Inspeccionar periodicamente
			Fractura	Possível ruptura com perda de compressão	2	3	6	Inspeção visual	1	6	Inspeccionar periodicamente
M-010103	Sistema de injeção	Motor	Desgaste	Falta de pressão, originando falta de potência	2	2	4	Inspeção visual	2	8	Inspeccionar periodicamente
M-010104	Cárter	Motor	ruptura	Possível ruptura com perda de óleo para o solo	1	3	3	Inspeção visual	1	3	Inspeccionar periodicamente
M-010105	Acoplamento	motor	Fractura	O motor não debita a potência requerida	3	3	9	Inspeção visual	3	27	Inspeccionar periodicamente
			Desalinhamento	Carga nos rolamentos	2	2	4	Análise Vibracional	2	8	Controlo de condição
			Desgaste	Folga no acoplamento	2	3	6	Inspeção visual	3	18	Inspeccionar periodicamente
M-010106	Colector de Escape	motor	Fractura	Ruído mais elevado	4	1	4	Inspeção visual	1	4	Inspeccionar periodicamente
M-010107	Turbocompressor	motor	Fractura	O motor não debita a potência requerida	3	3	9	Inspeção visual	3	27	Inspeccionar periodicamente
			Desalinhamento	Carga nos rolamentos	2	2	4	Análise Vibracional	2	8	Controlo de condição
			Desgaste	Folga no acoplamento	2	3	6	Inspeção visual	3	18	Inspeccionar periodicamente
H-020101	Filtro de aspiração Depósito 1	Sistema hidráulico	Corrosão	O filtro não filtra partículas sólidas	4	2	8	Inspeção visual	3	24	Pintura anti-corrosiva
				As partículas que se soltam do filtro podem danificar o funcionamento da bomba							
			Colmatção	O filtro não deixa passar o fluido nas condições requeridas pela bomba	4	3	12	Inspeção visual	3	36	Limpeza do reservatório
H-020102	Válvula de seccionamento Depósito 1	Sistema hidráulico	Desgaste	A válvula não veda	3	2	6	Inspeção visual	3	18	Inspeccionar periodicamente
			Fractura	Possível ruptura com perda de óleo para o solo	2	3	6	Inspeção visual	1	6	Inspeccionar periodicamente

## ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA, EFEITOS E CRITICIDADE (FMECA)

EQUIPAMENTO: ATACAIDEIRA DE VIA PLASSER &amp; THEURER 09-3X

LOCAL: ESTALEIRO CENTRAL-PEGÕES

RESPONSÁVEL PELA ANÁLISE: FILIPE MANUEL CORREIA FILIPE

DATA: 3 DE OUTUBRO DE 2006

CÓDIGO	DESIGNAÇÃO	SISTEMA	MODOS DE FALHA	EFEITOS DE FALHA	FREQ. OCORR.	NÍVEL SEV.	CRITIC.	MEIOS DETECÇÃO	DETECT.	RPN	AÇÕES MANUTENÇÃO
H-020201	Filtro de aspiração Depósito 2	Sistema hidráulico	Corrosão	O filtro não filtra partículas sólidas	4	2	8	Inspeção visual	3	24	Pintura anti-corrosiva
				As partículas que se soltam do filtro podem danificar o funcionamento da bomba							
			Colmatção	O filtro não deixa passar o fluido nas condições requeridas pela bomba	4	3	12	Inspeção visual	3	36	Limpeza do reservatório
H-020202	Válvula de seccionamento Depósito 2	Sistema hidráulico	Desgaste	A válvula não veda	3	2	6	Inspeção visual	3	18	Inspeccionar periodicamente
			Fractura	Possível ruptura com perda de óleo para o solo	2	3	6	Inspeção visual	1	6	Inspeccionar periodicamente
H-020301	Tubagem - Comum	Sistema hidráulico	Fractura	Possível ruptura com perda de óleo para o solo	3	3	9	Inspeção visual	1	9	Prever a substituição de troços de tubagem
			Juntas danificadas	Possível ruptura com perda de óleo para o solo	3	1	3	Inspeção visual	1	3	Substituição das juntas
			Corrosão	Possível ruptura com perda de óleo para o solo	3	3	9	Inspeção visual	2	18	Pintura anti-corrosiva
H-020401	Bomba	Sistema hidráulico	Alhetas partidas	A bomba não debita o caudal e pressão requeridos	3	3	9	Inspeção visual	3	27	Inspeccionar periodicamente
			Cavitação	Possível dano dos órgãos internos	4	2	9	Inspeção Vibracional	2	16	Controlo de condição
			Impulsor não roda	Possível encravamento do impulsor devido aos pedaços soltos das alhetas ou outros corpos estranhos	4	3	12	Inspeção visual	2	24	Verificar as causas do encravamento e eliminá-las
H-020402	Bomba Veio	Sistema hidráulico	Fractura	A bomba não debita o caudal e pressão requeridos	2	4	8	Inspeção visual	1	8	Inspeccionar periodicamente
			Desequilíbrio	Carga nos rolamentos	2	2	4	Análise Vibracional	2	8	Controlo de condição
H-020403	Bomba Rolamentos	Sistema hidráulico	Desgaste	Aquecimento exagerado	2	3	6	Análise Vibracional	3	18	Controlo de condição
			"Pitting"	Ruído/aquecimento	2	2	4	Análise Vibracional	2	8	Controlo de condição
			Gripagem (soldadura a frio)	O veio não roda	2	4	8	Inspeção visual	1	8	Inspeccionar periodicamente
H-020404	Bomba Vedantes	Sistema hidráulico	Desgaste	Perda de fluido	2	2	4	Inspeção visual	2	8	Inspeccionar periodicamente
			Rompimento	Perda de fluido	4	2	8	Inspeção visual	2	16	Inspeccionar periodicamente
H-020501	Tração Engrenagens ZF	Sistema hidráulico	Desgaste	Ruído/aquecimento	2	2	4	Inspeção visual/ Controlo de condição	2	8	Inspeccionar periodicamente/ Controlo de condição
			Fractura	Perda de fluido	4	2	8	Inspeção visual	2	16	Inspeccionar periodicamente
P-030101	Filtro de aspiração Depósito 5 bar	Sistema pneumático	Corrosão	O filtro não filtra partículas sólidas	4	2	8	Inspeção visual	3	24	Pintura anti-corrosiva
				As partículas que se soltam do filtro podem danificar o funcionamento do compressor							
			Colmatção	O filtro não deixa passar o ar nas condições requeridas pelo compressor	4	3	12	Inspeção visual	3	36	Limpeza do reservatório
P-030102	Válvula de seccionamento Depósito 5 bar	Sistema pneumático	Desgaste	A válvula não veda	3	2	6	Inspeção visual	3	18	Inspeccionar periodicamente
			Fractura	Possível ruptura com perda de compressão	2	3	6	Inspeção visual	1	6	Inspeccionar periodicamente
P-030201	Filtro de aspiração Depósito 7 bar	Sistema pneumático	Corrosão	O filtro não filtra partículas sólidas	4	2	8	Inspeção visual	3	24	Pintura anti-corrosiva
				As partículas que se soltam do filtro podem danificar o funcionamento do compressor							
			Colmatção	O filtro não deixa passar o ar nas condições requeridas pelo compressor	4	3	12	Inspeção visual	3	36	Limpeza do reservatório

## ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA, EFEITOS E CRITICIDADE (FMECA)

EQUIPAMENTO: ATACAIDEIRA DE VIA PLASSER & THEURER 09-3X

LOCAL: ESTALEIRO CENTRAL-PEGÕES

RESPONSÁVEL PELA ANÁLISE: FILIPE MANUEL CORREIA FILIPE

DATA: 3 DE OUTUBRO DE 2006

CÓDIGO	DESIGNAÇÃO	SISTEMA	MODOS DE FALHA	EFEITOS DE FALHA	FREQ. OCORR.	NÍVEL SEV.	CRITIC.	MEIOS DETECÇÃO	DETECT.	RPN	AÇÕES MANUTENÇÃO
P-030202	Válvula de seccionamento Depósito 7 bar	Sistema pneumático	Desgaste	A válvula não veda	3	2	6	Inspeção visual	3	18	Inspeccionar periodicamente
			Fractura	Possível ruptura com perda de Compressão	2	3	6	Inspeção visual	1	6	Inspeccionar periodicamente
P-030301	Tubagem - Comum	Sistema pneumático	Fractura	Possível ruptura com perda de compressão	3	3	9	Inspeção visual	1	9	Prever a substituição de troços de tubagem
			Juntas danificadas	Possível ruptura com perda de compressão	3	1	3	Inspeção visual	1	3	Substituição das juntas
			Corrosão	Possível ruptura com perda de compressão	3	3	9	Inspeção visual	2	18	Pintura anti-corrosiva
P-030401	Compressor Cáter	Sistema pneumático	Fractura	Possível ruptura com perda de óleo para o solo	2	3	6	Inspeção Visual	1	6	Inspeccionar periodicamente
P-030402	Compressor válvulas	Sistema pneumático	Fractura	Possível ruptura com perda de compressão	2	3	6	Inspeção visual	1	6	Inspeccionar periodicamente
P-030403	Compressor Veio	Sistema pneumático	Fractura	O compressor não debita a pressão requerida	2	4	8	Inspeção visual	1	8	Inspeccionar periodicamente
			Desequilíbrio	Carga nos rolamentos	2	2	4	Análise Vibracional	2	8	Controlo de condição
P-030404	Compressor Rolamentos	Sistema pneumático	Desgaste	Aquecimento exagerado	2	3	6	Análise Vibracional	3	18	Controlo de condição
			"Pitting"	Ruído/aquecimento	2	2	4	Análise Vibracional	2	8	Controlo de condição
			Gripagem (soldadura a frio)	O veio não roda	2	4	8	Inspeção visual	1	8	Inspeccionar periodicamente
P-030405	Compressor Vedantes	Sistema pneumático	Desgaste	Perda de pressão	2	2	4	Inspeção visual	2	8	Inspeccionar periodicamente
			Rompimento	Perda de Pressão	4	2	8	Inspeção visual	2	16	Inspeccionar periodicamente
P-030501	Cilindros de freio	Sistema pneumático	Desgaste	Perda de pressão	2	2	4	Inspeção visual	2	8	Inspeccionar periodicamente
			Rompimento	Perda de Pressão	4	2	8	Inspeção visual	2	16	Inspeccionar periodicamente
CC-050101	Pressostato de arranque Bomba de água	Comando / Controlo	Mola pasmada / partida	Não transmite informação para arranque da bomba	4	3	12	Inspeção visual	3	36	Inspeccionar periodicamente
			Terminal solto	Não transmite informação para arranque da bomba	4	3	12	Inspeção visual	2	24	Inspeccionar periodicamente
CC-050102	Pressostato de segurança bomba de água	Comando / Controlo	Mola pasmada / partida	Não transmite informação para arranque da bomba	4	4	16	Inspeção visual	3	48	Inspeccionar periodicamente
			Terminal solto	Não transmite informação para arranque da bomba	4	4	16	Inspeção visual	2	32	Inspeccionar periodicamente
CC-050103	Manómetro pressão da bomba de água	Comando / Controlo	Fractura	Não indicar o valor da pressão	3	1	3	Inspeção visual	1	3	Inspeccionar periodicamente
CC-050201	Pressostato de arranque Bomba de óleo	Comando / Controlo	Mola pasmada / partida	Não transmite informação para arranque da bomba	4	3	12	Inspeção visual	3	36	Inspeccionar periodicamente
			Terminal solto	Não transmite informação para arranque da bomba	4	3	12	Inspeção visual	2	24	Inspeccionar periodicamente
CC-050202	Pressostato de segurança bomba de óleo	Comando / Controlo	Mola pasmada / partida	Não transmite informação para arranque da bomba	4	4	16	Inspeção visual	3	48	Inspeccionar periodicamente
			Terminal solto	Não transmite informação para arranque da bomba	4	4	16	Inspeção visual	2	32	Inspeccionar periodicamente
CC-050203	Manómetro pressão da bomba de óleo	Comando / Controlo	Fractura	Não indicar o valor da pressão	3	1	3	Inspeção visual	1	3	Inspeccionar periodicamente
CC-050301	Pressostato de arranque Compressor	Comando / Controlo	Mola pasmada / partida	Não transmite informação para arranque da bomba	4	3	12	Inspeção visual	3	36	Inspeccionar periodicamente
			Terminal solto	Não transmite informação para arranque da bomba	4	3	12	Inspeção visual	2	24	Inspeccionar periodicamente

## ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA, EFEITOS E CRITICIDADE (FMECA)

EQUIPAMENTO: ATACADEIRA DE VIA PLASSER &amp; THEURER 09-3X

LOCAL: ESTALEIRO CENTRAL-PEGÕES

RESPONSÁVEL PELA ANÁLISE: FILIPE MANUEL CORREIA FILIPE

DATA: 3 DE OUTUBRO DE 2006

CÓDIGO	DESIGNAÇÃO	SISTEMA	MODOS DE FALHA	EFEITOS DE FALHA	FREQ. OCORR.	NÍVEL SEV.	CRITIC.	MEIOS DETECÇÃO	DETECT.	RPN	AÇÕES MANUTENÇÃO
CC-050302	Pressostato de segurança Compressor	Comando / Controlo	Mola pasmada / partida	Não transmite informação para arranque da bomba	4	4	16	Inspeção visual	3	48	Inspeccionar periodicamente
			Terminal solto	Não transmite informação para arranque da bomba	4	4	16	Inspeção visual	2	32	Inspeccionar periodicamente
CC-050303	Manómetro de pressão (5 bar) do compressor	Comando / Controlo	Fractura	Não indicar o valor da pressão	3	1	3	Inspeção visual	1	3	Inspeccionar periodicamente
CC-050304	Manómetro de pressão (7 bar) do compressor	Comando / Controlo	Fractura	Não indicar o valor da pressão	3	1	3	Inspeção visual	1	3	Inspeccionar periodicamente
CC-050401	Alimentação eléctrica Quadro 1	Comando / Controlo	Cabo interrompido	Não existe energia no Quadro Eléctrico	2	4	8	Medição da tensão com Multímetro	1	8	Inspeccionar periodicamente
CC-050402	Armário Quadro 1	Comando / Controlo	corrosão	Danificação da protecção mecânica dos equipamentos	2	2	4	Inspeção visual	1	4	Inspeccionar periodicamente - Pintura
CC-050403	Cablagem interior Quadro 1	Comando / Controlo	Cabo interrompido	Existem componentes que não funcionam	2	3	6	Medição de continuidade / tensão com Multímetro	3	18	Inspeccionar periodicamente
			Terminal solto	Existem componentes que não funcionam	2	3	6	Medição de continuidade / tensão com Multímetro	3	18	Inspeccionar periodicamente
CC050404	Fusíveis de protecção bomba de óleo	Comando / Controlo	Fusíveis fundidos	A bomba não trabalha	4	4	16	Medição da continuidade com multímetro	1	16	Inspeccionar periodicamente
CC-050405	Voltímetro bomba de óleo	Comando / Controlo	Mola pasmada / partida	Voltímetro não assinala a tensão	2	2	4	Inspeção visual	1	4	Inspeccionar periodicamente
			Terminal solto	Voltímetro não assinala a tensão	2	2	4	Inspeção visual	1	4	Inspeccionar periodicamente
CC-050406	Alarme acústico Bomba de óleo	Comando / Controlo	Patilha danificada	A buzina não toca	2	1	2	Inspeção visual	2	4	Inspeccionar periodicamente
			Terminal Solto	A buzina não toca	2	1	2	Inspeção visual	1	2	Inspeccionar periodicamente
CC-050407	Painel Luminoso bomba de óleo	Comando / Controlo	Lâmpadas fundidas	Não sinaliza a condição da bomba	3	1	3	Inspeção visual	1	3	Teste lâmpadas periódico
			Terminal solto	Não sinaliza a condição da bomba	2	1	2	Inspeção visual	1	2	Inspeccionar periodicamente
CC-050408	Equipamento Electromecânico Quadro 1	Comando / Controlo	Bobina presa	Comando interrompido	2	4	8	Inspeção visual	3	24	Inspeccionar periodicamente
			Terminal solto	Comando interrompido	2	4	8	Inspeção visual	2	16	Inspeccionar periodicamente
CC-050409	Cablagem Quadro 1 Bomba de óleo	Comando / Controlo	Cabo interrompido	A energia não chega à bomba	2	4	8	Medição de continuidade com Multímetro	2	16	Inspeccionar periodicamente
CC-050501	Alimentação eléctrica Quadro 2	Comando / Controlo	Cabo interrompido	Não existe energia no Quadro Eléctrico	2	4	8	Medição da tensão com Multímetro	1	8	Inspeccionar periodicamente
CC-050502	Armário Quadro 2	Comando / Controlo	corrosão	Danificação da protecção mecânica dos equipamentos	2	2	4	Inspeção visual	1	4	Inspeccionar periodicamente - Pintura
CC-050503	Cablagem interior Quadro 2	Comando / Controlo	Cabo interrompido	Existem componentes que não funcionam	2	3	6	Medição de continuidade / tensão com Multímetro	3	18	Inspeccionar periodicamente
			Terminal solto	Existem componentes que não funcionam	2	3	6	Medição de continuidade / tensão com Multímetro	3	18	Inspeccionar periodicamente
CC050504	Fusíveis de protecção bomba de água	Comando / Controlo	Fusíveis fundidos	A bomba não trabalha	4	4	16	Medição da continuidade com multímetro	1	16	Inspeccionar periodicamente
CC-050505	Voltímetro bomba de água	Comando / Controlo	Mola pasmada / partida	Voltímetro não assinala a tensão	2	2	4	Inspeção visual	1	4	Inspeccionar periodicamente
			Terminal solto	Voltímetro não assinala a tensão	2	2	4	Inspeção visual	1	4	Inspeccionar periodicamente

## ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA, EFEITOS E CRITICIDADE (FMECA)

EQUIPAMENTO: ATACADEIRA DE VIA PLASSER &amp; THEURER 09-3X

LOCAL: ESTALEIRO CENTRAL-PEGÕES

RESPONSÁVEL PELA ANÁLISE: FILIPE MANUEL CORREIA FILIPE

DATA: 3 DE OUTUBRO DE 2006

CÓDIGO	DESIGNAÇÃO	SISTEMA	MODOS DE FALHA	EFEITOS DE FALHA	FREQ. OCORR.	NÍVEL SEV.	CRITIC.	MEIOS DETECÇÃO	DETECT.	RPN	AÇÕES MANUTENÇÃO
CC-050506	Alarme acústico Bomba de água	Comando / Controlo	Patilha danificada	A buzina não toca	2	1	2	Inspeção visual	2	4	Inspeccionar periodicamente
			Terminal Solto	A buzina não toca	2	1	2	Inspeção visual	1	2	Inspeccionar periodicamente
CC-050507	Painel Luminoso bomba de água	Comando / Controlo	Lâmpadas fundidas	Não sinaliza a condição da bomba	3	1	3	Inspeção visual	1	3	Teste lâmpadas periódico
			Terminal solto	Não sinaliza a condição da bomba	2	1	2	Inspeção visual	1	2	Inspeccionar periodicamente
CC-050508	Equipamento Electromecânico Quadro 2	Comando / Controlo	Bobina presa	Comando interrompido	2	4	8	Inspeção visual	3	24	Inspeccionar periodicamente
			Terminal solto	Comando interrompido	2	4	8	Inspeção visual	2	16	Inspeccionar periodicamente
CC-050509	Cablagem eléctrica Bomba de água	Comando / Controlo	Cabo interrompido	A energia não chega à bomba	2	4	8	Medição de continuidade com Multímetro	2	16	Inspeccionar periodicamente
CC-050601	Alimentação eléctrica Quadro 3	Comando / Controlo	Cabo interrompido	Não existe energia no Quadro Eléctrico	2	4	8	Medição da tensão com Multímetro	1	8	Inspeccionar periodicamente
CC-050602	Armário Quadro 3	Comando / Controlo	corrosão	Danificação da protecção mecânica dos equipamentos	2	2	4	Inspeção visual	1	4	Inspeccionar periodicamente - Pintura
CC-050603	Cablagem interior Quadro 3	Comando / Controlo	Cabo interrompido	Existem componentes que não funcionam	2	3	6	Medição de continuidade / tensão com Multímetro	3	18	Inspeccionar periodicamente
			Terminal solto	Existem componentes que não funcionam	2	3	6	Medição de continuidade / tensão com Multímetro	3	18	Inspeccionar periodicamente
CC050604	Fusíveis de protecção compressor	Comando / Controlo	Fusíveis fundidos	A bomba não trabalha	4	4	16	Medição da continuidade com multímetro	1	16	Inspeccionar periodicamente
CC-050605	Vóltímetro compressor	Comando / Controlo	Mola pasmada / partida	Vóltímetro não assinala a tensão	2	2	4	Inspeção visual	1	4	Inspeccionar periodicamente
			Terminal solto	Vóltímetro não assinala a tensão	2	2	4	Inspeção visual	1	4	Inspeccionar periodicamente
CC-050606	Alarme acústico compressor	Comando / Controlo	Patilha danificada	A buzina não toca	2	1	2	Inspeção visual	2	4	Inspeccionar periodicamente
			Terminal Solto	A buzina não toca	2	1	2	Inspeção visual	1	2	Inspeccionar periodicamente
CC-050607	Painel Luminoso compressor	Comando / Controlo	Lâmpadas fundidas	Não sinaliza a condição da bomba	3	1	3	Inspeção visual	1	3	Teste lâmpadas periódico
			Terminal solto	Não sinaliza a condição da bomba	2	1	2	Inspeção visual	1	2	Inspeccionar periodicamente
CC-050608	Equipamento Electromecânico Quadro 3	Comando / Controlo	Bobina presa	Comando interrompido	2	4	8	Inspeção visual	3	24	Inspeccionar periodicamente
			Terminal solto	Comando interrompido	2	4	8	Inspeção visual	2	16	Inspeccionar periodicamente
CC-050609	Cablagem Quadro 3 Compressor	Comando / Controlo	Cabo interrompido	A energia não chega à bomba	2	4	8	Medição de continuidade com Multímetro	2	16	Inspeccionar periodicamente
C-060101	Carro de Medição	Chassis	Desgaste	Erro na medição	2	3	6	Inspeção visual/ Controlo de condição	2	12	Inspeccionar periodicamente/ Controlo de condição
				Aquecimento dos rolamentos							
			Fractura	Não mede	2	4	8	Inspeção visual	1	8	Inspeccionar periodicamente
C-060201	Carroçaria	Chassis	Corrosão	Deterioração da carroçaria	5	2	10	Inspeção visual	1	10	Pintura anti-corrosiva
			Fractura	Possibilidade de imobilização da máquina	2	4	8	Inspeção visual	3	24	Inspeccionar periodicamente

## ANÁLISE DOS MODOS DE FALHA, EFEITOS E CRITICIDADE (FMECA)

EQUIPAMENTO: ATACADEIRA DE VIA PLASSER & THEURER 09-3X

LOCAL: ESTALEIRO CENTRAL-PEGÕES

RESPONSÁVEL PELA ANÁLISE: FILIPE MANUEL CORREIA FILIPE

DATA: 3 DE OUTUBRO DE 2006

CÓDIGO	DESIGNAÇÃO	SISTEMA	MODOS DE FALHA	EFEITOS DE FALHA	FREQ. OCORR.	NÍVEL SEV.	CRITIC.	MEIOS DETECÇÃO	DETECT.	RPN	ACÇÕES MANUTENÇÃO
C-060301	Bogie 1	Chassis	Fractura	Possibilidade de imobilização da máquina	2	4	8	Inspeção visual	3	24	Inspeccionar periodicamente
			Desequilíbrio	Carga nos rolamentos	2	2	4	Análise Vibracional	2	8	Controlo de condição
C-060302	Bogie 2	Chassis	Fractura	Possibilidade de imobilização da máquina	2	4	8	Inspeção visual	3	24	Inspeccionar periodicamente
			Desequilíbrio	Carga nos rolamentos	2	2	4	Análise Vibracional	2	8	Controlo de condição

**Figura 4.19 – Análise FMECA**

De uma análise ao documento constata-se que quanto à Criticidade, resultante do produto da matriz de Frequência de Ocorrência pelo Nível de Severidade, e analisando apenas os componentes cujos valores na Matriz de Criticidade se situam entre 10 e 24 (máximo), os modos de falha mais críticos dos equipamentos ficam escalonados, conforme Quadro 4.13.

CÓDIGO	DESIGNAÇÃO	SISTEMA	MODOS DE FALHA	CRITIC.
CC-050102	Pressostato de segurança bomba de água	Comando / Controlo	Mola pasmada / partida	16
			Terminal solto	16
CC-050202	Pressostato de segurança bomba de óleo	Comando / Controlo	Mola pasmada / partida	16
			Terminal solto	16
CC-050302	Pressostato de segurança Compressor	Comando / Controlo	Mola pasmada / partida	16
			Terminal solto	16
CC050404	Fusíveis de protecção bomba de óleo	Comando / Controlo	Fusíveis fundidos	16
CC050504	Fusíveis de protecção bomba de água	Comando / Controlo	Fusíveis fundidos	16
CC050604	Fusíveis de protecção compressor	Comando / Controlo	Fusíveis fundidos	16
M-010101	Filtro de óleo lubrificante	Motor	Colmatação	12
H-020101	Filtro de aspiração Depósito 1	Sistema hidráulico	Colmatação	12
H-020201	Filtro de aspiração Depósito 2	Sistema hidráulico	Colmatação	12
H-020401	Bomba	Sistema hidráulico	Impulsor não roda	12
P-030101	Filtro de aspiração Depósito 5 bar	Sistema pneumático	Colmatação	12
P-030201	Filtro de aspiração Depósito 7 bar	Sistema pneumático	Colmatação	12



CC-050101	Pressostato de arranque Bomba de água	Comando / Controlo	Mola pasmada / partida	12
			Terminal solto	12
CC-050201	Pressostato de arranque Bomba de óleo	Comando / Controlo	Mola pasmada / partida	12
			Terminal solto	12
CC-050301	Pressostato de arranque Compressor	Comando / Controlo	Mola pasmada / partida	12
			Terminal solto	12

**Quadro 4.13 – Elementos com maior criticidade**

Após se ter aplicado o factor de Detectabilidade, e levando em conta os valores da Matriz do Número de Prioridade de Risco (RPN) entre 30 e 96 (máximo), fez com se passasse a ter a ordem de prioridades, conforme Quadro 4.14.

CÓDIGO	DESIGNAÇÃO	SISTEMA	MODOS DE FALHA	RPN
CC-050102	Pressostato de segurança bomba de água	Comando / Controlo	Mola pasmada / partida	48
CC-050202	Pressostato de segurança bomba de óleo	Comando / Controlo	Mola pasmada / partida	48
CC-050302	Pressostato de segurança Compressor	Comando / Controlo	Mola pasmada / partida	48
M-010101	Filtro de óleo lubrificante	Motor	Colmatação	36
H-020101	Filtro de aspiração Depósito 1	Sistema hidráulico	Colmatação	36
H-020201	Filtro de aspiração Depósito 2	Sistema hidráulico	Colmatação	36
P-030101	Filtro de aspiração Depósito 5 bar	Sistema pneumático	Colmatação	36
P-030201	Filtro de aspiração Depósito 7 bar	Sistema pneumático	Colmatação	36
CC-050101	Pressostato de arranque Bomba de água	Comando / Controlo	Mola pasmada / partida	36
CC-050201	Pressostato de arranque Bomba de óleo	Comando / Controlo	Mola pasmada / partida	36
CC-050301	Pressostato de arranque Compressor	Comando / Controlo	Mola pasmada / partida	36
CC-050102	Pressostato de segurança bomba de água	Comando / Controlo	Terminal solto	32
CC-050202	Pressostato de segurança bomba de óleo	Comando / Controlo	Terminal solto	32
CC-050302	Pressostato de segurança Compressor	Comando / Controlo	Terminal solto	32

**Quadro 4.14 – Componentes com maior RPN**

De notar que o factor Detectabilidade vai influenciar esta segunda tabela, uma vez que alguns componentes que não eram críticos passam a requerer alguma atenção pois a detecção das avarias é de extrema dificuldade, o que faz com que o risco aumente. Por sua vez outros componentes que à partida seriam críticos, têm agora o risco de ocorrência diminuído pois a avaria é facilmente detectável, desde que se utilizem os métodos correctos e se executem as recomendações mencionadas na Análise de Modos de Falha, Efeitos e Criticidade. Da análise dos dois quadros anteriores torna-se urgente e prioritário actuar nos componentes assinalados,

tendo em conta as acções de manutenção recomendadas na FMECA, sendo de louvar e aplicar todas as alternativas que levem à redução do risco de ocorrência ou à severidade das mesmas, assim como todas as acções que permitam detectar com mais facilidade qualquer avaria oculta (ex. efectuar análise vibracional). Conclui-se assim a identificação dos órgãos que necessitam de acções de manutenção mais frequentes, podendo elaborar o Quadro 4.15.

DESIGNAÇÃO	MODOS DE FALHA	ACÇÕES	HORAS DE SERVIÇO
Pressostatos de segurança	Mola pasmada / partida	Verificar o estado da mola e aperto dos terminais	500H
Filtros	Colmatação	Colocar o filtro numa zona mais afastada da zona de ataque de balastro, para evitar a absorção de poeiras	—
		Verificar a colmatação e efectuar a limpeza dos reservatórios, se necessário	250H
Pressostatos de arranque	Mola pasmada / partida	Verificar o estado da mola	500H
Pressostatos de segurança	Terminal solto	Verificar o aperto dos terminais	500H

**Quadro 4.15 – Órgãos prioritários e acções a tomar**

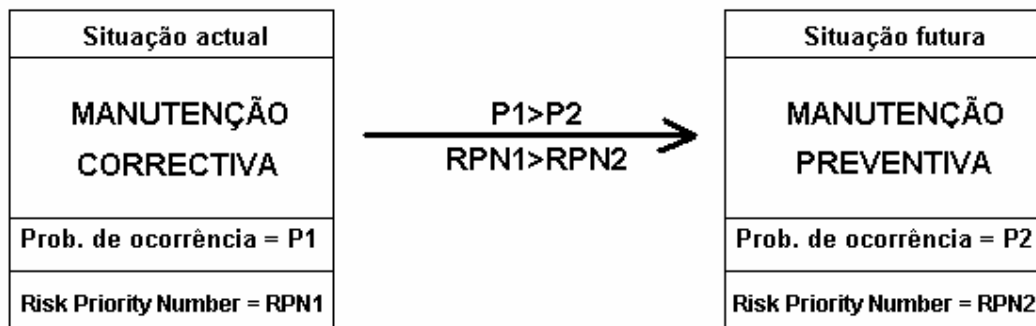
Estas acções podem ser adicionadas ao plano de manutenção actual do equipamento, ver anexo III.

Do quadro 4.15 tiramos dois principais tipos de problemas, o primeiro que é a colmatação dos filtros de aspiração, e o segundo os pressostatos.

Quanto à colmatação dos filtros e analisando as condições de serviço da máquina concluímos que, a zona onde os filtros estão montados está muito perto da zona de ataque de balastro, o balastro liberta muita poeira ao ser atacado, se consideramos que muitos empreiteiros não lavam o balastro antes de o colocar na linha como é aconselhado, e que por vezes a atacadeira de via vêm a atacar balastro logo seguida dos vagões balastreiros, ficamos a saber qual o motivo desta absorção exagerada de poeiras. Para evitar este problema sugerimos a montagem de um tubo na vertical, na ponta do qual será montado o filtro, originando assim que a aspiração seja feita longe das poeiras de ataque, isto para o sistema pneumático, para os filtros do hidráulico e do óleo do motor, sugerimos também a redução do intervalo de muda dos filtros de 500h para 250h.

Para o segundo problema que são os pressostatos com terminais soltos ou com as molas pasmadas, chegamos à conclusão que não existe qualquer manutenção preventiva, ou seja só se está a efectuar manutenção correctiva, motivo pelo qual sugerimos que estes passem a ser verificados a cada 500h de serviço da máquina. Como se trata de um equipamento

relativamente novo e em garantia, será discutido com a Plasser & Theurer o problema dos pressostatos, sugerindo a sua substituição por outros mais adequados ao serviço.



**Figura 4.20 – Manutenção correctiva e preventiva**

Como podemos constatar a manutenção era essencialmente correctiva, com o novo plano de manutenção recomendado a probabilidade de ocorrência baixaria, passando estes componentes para níveis mais baixos neste parâmetro, reflectindo-se assim no RPN final.

CÓDIGO	DESIGNAÇÃO	SISTEMA	MODOS DE FALHA	FREQ. OCORR.1	FREQ. OCORR.2	NÍVEL SEV.	CRITIC.2	DETECT.	RPN1	RPN2
CC-050102	Pressostato de segurança bomba de água	Comando / Controlo	Mola pasmada / partida	4	2	4	8	3	48	24
CC-050202	Pressostato de segurança bomba de óleo	Comando / Controlo	Mola pasmada / partida	4	2	4	8	3	48	24
CC-050302	Pressostato de segurança Compressor	Comando / Controlo	Mola pasmada / partida	4	2	4	8	3	48	24
M-010101	Filtro de óleo lubrificante	Motor	Colmatção	4	2	3	6	3	36	18
H-020101	Filtro de aspiração Depósito 1	Sistema hidráulico	Colmatção	4	2	3	6	3	36	18
H-020201	Filtro de aspiração Depósito 2	Sistema hidráulico	Colmatção	4	2	3	6	3	36	18
P-030101	Filtro de aspiração Depósito 5 bar	Sistema pneumático	Colmatção	4	2	3	6	3	36	18
P-030201	Filtro de aspiração Depósito 7 bar	Sistema pneumático	Colmatção	4	2	3	6	3	36	18
CC-050101	Pressostato de arranque Bomba de água	Comando / Controlo	Mola pasmada / partida	4	2	3	6	3	36	18
CC-050201	Pressostato de arranque Bomba de óleo	Comando / Controlo	Mola pasmada / partida	4	2	3	6	3	36	18
CC-050301	Pressostato de arranque Compressor	Comando / Controlo	Mola pasmada / partida	4	2	3	6	3	36	18
CC-050102	Pressostato de segurança bomba de água	Comando / Controlo	Terminal solto	4	2	4	8	2	32	16
CC-050202	Pressostato de segurança bomba de óleo	Comando / Controlo	Terminal solto	4	2	4	8	2	32	16
CC-050302	Pressostato de segurança Compressor	Comando / Controlo	Terminal solto	4	2	4	8	2	32	16

**Quadro 4.16 – RPN1/RPN2**

Esses níveis mais baixos de probabilidade de ocorrência são uma estimativa, pois não decorreu tempo suficiente para serem implementados e analisados os seus resultados, motivo pelo qual o sugerimos para trabalhos futuros.

#### **4.5 Conclusões do Capítulo 4**

Neste capítulo foi apresentado um enquadramento da empresa, do seu funcionamento e da sua forma de gerir a manutenção. Foram também apresentados o equipamento em estudo e os subsistemas que o compõem. Com esta apresentação pretendem-se fazer compreender qual o regime de funcionamento do equipamento e a sua caracterização de modo a que melhor se possam entender as abordagens que foram caracterizadas no Capítulo 3 e a aplicação da metodologia FMECA usada no caso em estudo.

A conclusão que tiramos do enquadramento da empresa e da sua forma de gestão da manutenção é que após longo período em que foi considerada o "mal necessário" da função produtiva, reconhece-se, hoje, na manutenção uma das áreas mais importantes e actantes da actividade industrial através do seu contributo para o bom desempenho produtivo, a segurança, a qualidade do produto, as boas relações interpessoais, a imagem da empresa, a rentabilidade económica do processo produtivo e a preservação dos investimentos. Este reconhecimento é adicionalmente reforçado pelas crescentes exigências das normas da Qualidade no relativo à manutenção dos equipamentos produtivos. Os objectivos da manutenção industrial têm que ser ligados aos objectivos globais da Empresa já que a manutenção afecta a rentabilidade do processo produtivo por via tanto da sua influência no volume e na qualidade da produção como do seu custo, por um lado, melhora o desempenho e a disponibilidade do equipamento, por outro, acresce aos custos de funcionamento. O segredo está em encontrar o ponto de equilíbrio entre benefício e custo que maximize o contributo positivo da manutenção para a rentabilidade geral da Empresa.

A GMAC utiliza os serviços da informática para gerir e analisar as numerosas informações que devem ser tratadas pelo responsável da manutenção. O registo das falhas constatadas, segundo uma metodologia precisa, ajuda a efectuar o diagnóstico dos futuros incidentes, através da acumulação de informações sobre os incidentes de produção.

## **Capítulo 5 – CONCLUSÕES GERAIS**

### **5.1 Resumo do trabalho realizado**

Este trabalho foi dividido em cinco capítulos: no primeiro capítulo, para além da apresentação dos objectivos, foi apresentada uma revisão bibliográfica sobre a Manutenção em geral; no segundo capítulo foram abordados, com mais pormenor, os equipamentos de manutenção e conservação de infra-estruturas ferroviárias. O terceiro capítulo apresenta as abordagens RCM e FMECA; o quarto capítulo reporta ao caso estudado, com aplicação das ferramentas de estudo propostas. Este quinto capítulo apresenta o resumo do trabalho realizado, as conclusões gerais e sugestões para trabalhos futuros.

Garantir a máxima disponibilidade dos equipamentos é um objectivo primordial de qualquer serviço de Manutenção e este facto é, entre outros, determinante para que as empresas consigam responder aos desafios concorrenciais em que estão envolvidas. Os factores que afectam a disponibilidade de um item reparável são, enquanto características de origem, a fiabilidade e a manutibilidade. Em Manutenção não existem modelos puros - as diversas formas de intervenção exigem complementaridade entre si, visando todo o pragmatismo possível na concretização dos objectivos traçados. No panorama industrial actual, em que reduzir os custos e maximizar a qualidade são factores preponderantes de sucesso, surgem novas abordagens estratégicas como o RCM e o TPM, cujo intuito é obter ganhos de competitividade. Uma das práticas recorrentes das empresas é a concentração dos recursos humanos, materiais e financeiros, nos seus produtos ou serviços mais rentáveis. Consequentemente, surgem novas oportunidades de negócio, das quais são exemplo a prestação de serviços de manutenção total ou parcial.

Para que a gestão da Manutenção possa ser eficaz, dado o volume de informação usualmente produzido e necessário, recorre-se com maior frequência a bases de dados mais completas. As aplicações de “software” integrado, ao colocarem a Manutenção na gestão global das empresas, têm contribuído para o papel mais científico daquela actividade, afastando a ideia de que o melhor técnico de Manutenção é o mais “desenrascado”. Só assim, de resto, é possível actuar sobre sistemas cada vez mais complexos. Normalmente, estes sistemas já são dotados de dispositivos de controlo de alguns parâmetros de funcionamento.

## 5.2 Conclusões

Pensamos que os objectivos enunciados foram claramente atingidos. Assim:

- Foi feita uma dissertação de como se processa a manutenção na Somague-Neopul ACE.
- Foram detectadas as falhas críticas para o equipamento em estudo;
- Foram detectadas quais as falhas críticas de menor detectabilidade.
- Foram propostas alterações para evitar essas falhas

Portanto efectuamos com sucesso a Análise de Modos de Falha, Efeitos e Criticidade, onde se percebeu quais os componentes que requerem mais atenção devido à sua criticidade e outros para os quais é aconselhável encontrar uma melhor forma para detectar o seu estado de degradação.

Não querendo mais do que efectuar uma série de exercícios teóricos aplicados a um caso prático, definindo uma metodologia de análise, conseguiu-se atingir os objectivos e apresentar regras, que por serem flexíveis, podem servir como ponto de partida para futuros trabalhos de investigação nesta área.

Com este trabalho espera-se ter contribuído para o desenvolvimento de novas ideias e de se ter mostrado a importância da manutenção no contexto actual, tendo como base a fiabilidade dos componentes e equipamentos.

Finalizando, e em função do contributo de engenharia proporcionado pelo presente trabalho, afirmamos que a generalização da aplicação do modelo a outras famílias de equipamentos e a outros órgãos, irá ter reflexos na melhoria da fiabilidade e disponibilidade dos equipamentos, com vista à satisfação do cliente final.

## 5.3 Sugestões para trabalhos futuros

A realização deste trabalho deixa abertas novas perspectivas de desenvolvimento.

Por um lado e desde já, sugerimos o aperfeiçoamento do “software” SLIGOin que, sabendo que se trata de uma ferramenta ainda em desenvolvimento, poderia contribuir para:

- Uniformização do texto descritivo da avaria ou, preferencialmente, através de caixas de validação de texto predefinido;

- Aprofundamento do estudo das tabelas dinâmicas, para implementação de rotinas que conduzam directamente a uma folha de cálculo;
- Avaliação das potencialidades da base de dados no que se refere ao cálculo mais rigoroso dos indicadores de fiabilidade.
- Gestão de stocks (ex: análise ABC)
- Abertura de OT's com campo para escolha de órgão (para histórico)
- Melhoria na alerta das intervenções planeadas

Por outro lado, e dentro das técnicas da Manutenção, pensamos que as perspectivas de desenvolvimento passam por:

- Desenvolvimento da estratégia RCM como uma filosofia de empresa, através da aplicação da metodologia FME(C)A, estabelecendo critérios de importância estratégica para a escolha de equipamentos, tendo em vista o desenvolvimento empresarial e a satisfação do cliente;
- Aplicação de FME(C)A de concepção aquando da aquisição de novos equipamentos de manutenção e conservação de infra-estruturas ferroviárias;
- Introdução de critérios para determinação dos índices de severidade noutros órgãos;
- Analisar a melhoria do valor referente à probabilidade de ocorrência dos modos de falha dos componentes, com especial atenção aos que apresentavam um RPN mais elevado e verificação se os novos valores estão de acordo com o trabalho desenvolvido(quadro 4.16), após implementação das periodicidades sugeridas para manutenção.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- [1] **Assis, Rui**  
Manutenção Centrada na Fiabilidade  
LIDEL – Edições Técnicas Lda, Outubro **1997**, págs. 19 a 59, ISBN 972-757-037-2
- [2] **Cabral, José Saraiva**  
Organização e Gestão da Manutenção  
LIDEL – Edições Técnicas Lda, Março **1998**, págs 43 a 253, ISBN 972-757-052-6
- [3] **Cunha, H.E.**  
O verdadeiro papel da manutenção na gestão empresarial  
*in* Revista Ingenium, 2ª série, Nº 63, Novembro **2001**, págs. 78 a 80
- [4] **Farinha, J. M. Torres**  
Manutenção das Instalações e Equipamentos Hospitalares  
Livraria Minerva Editora, Coimbra, **1997**, ISBN 972-8318-16-2
- [5] **Ferreira, Luis Andrade**  
Uma Introdução à Manutenção  
Publindústria, Edições Técnicas, Porto, 1ª edição, Março **1998**, ISBN 972-95794-4-X
- [6] **Ferreira, Luís Andrade**  
A importância de atingir níveis elevados de Disponibilidade e Segurança em Sistemas Complexos  
*in* 7º Congresso Nacional de Manutenção – Viseu, Abril **2002**
- [7] **Fey, Robert e Gogue, Jean-Marie**  
La Maîtrise de la Qualité Industrielle/Princípios da Gestão da Qualidade  
Tradução :Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, Novembro 1989, ISBN972-31-0497-0
- [8] **Item Software**  
NonElec95 – Non-Electronic Parts Library  
Version 4.0: Item Software, **1987**



- [9] **Lourenço, Nelson**  
A prestação de serviços na área da Manutenção em abordagem de serviço integrado e responsabilização de resultados  
*in* 7º Congresso Nacional de Manutenção – Viseu, Abril **2002**
- [10] **Mendonça, Helder**  
“Outsourcing” da Manutenção – da Subcontratação à Parceria  
*in* 7º Congresso Nacional de Manutenção – Viseu, Abril **2002**
- [11] **MIIT – Manutenção Industrial Informatizada e Tecnologia, Lda**  
Organização da Manutenção  
DOC:FOR Refª 01 de 15 – 01 – **1993**
- [12] **MIL-STD-1629A**  
Procedures for performing a failure mode, effects and criticality analysis  
United states of America-Department of defense, **1980**
- [13] **Mcdermott, Robin E.**  
The basics of FMEA  
Productivity Ltd, **1997**, ISBN 0-527-76320-9
- [14] **Monchy, François**  
La fonction maintenance  
Masson, Paris, **1996**, págs. 15 a 77, ISBN 2-225-85518-8
- [15] **Monchy, François**  
Maintenance – Méthodes et organisations  
Dunod, Paris, **2003**, págs. 31 a 476, ISBN 2 10 007816 X
- [16] **Moubray, John**  
Reliability-centred Maintenance – 2ª ed.  
Butterworth-Heinemann Ltd, **1997**, págs. 53 a 89, ISBN 0-7506-3358-1
- [17] **O'Connor, Patrick D. T.**  
Practical Reliability Engineering – 3rd ed. revised  
John Wiley & Sons Ltd, West Sussex, **1995**, págs. 150 a 167, ISBN 0-471-95767-4

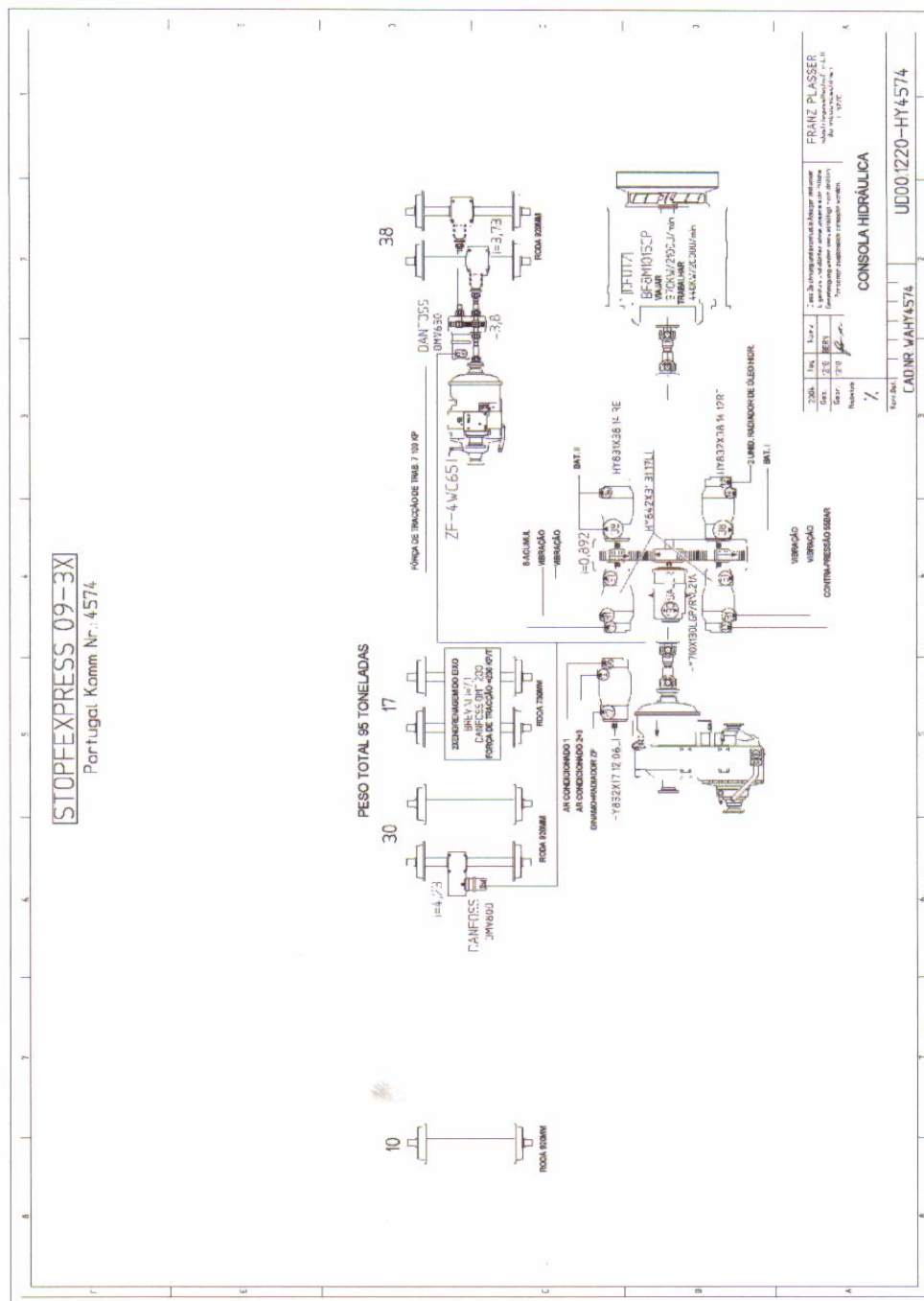
- [18] **Pereira, Filipe José Didelet**  
Modelos de Fiabilidade em Equipamentos Mecânicos  
Tese de Doutoramento submetida à FEUP, Porto, **1996**
- [19] **Pinto, Carlos Varela**  
Organização e Gestão da Manutenção  
MONITOR, Lda, Setembro **1999**, págs 56 a126, ISBN 972-9413-39-8
- [20] **Pinto, Victor M.**  
Gestão da Manutenção  
Edição IAPMEI, Lisboa, Julho **1994**, ISBN 972-9205-57-4
- [21] **Plasser & Theurer**  
Ferrovia é Progresso  
edição **1999**, págs. 04 a 31
- [22] **Plasser & Theurer**  
Atacadeira de via 09-3X Dynamic Express  
Manual de manutenção, **2005**, pág. 29 a 97
- [23] **Plasser & Theurer**  
Atacadeira de via 09-3X Dynamic Express  
Manual de Operação, **2005**, págs. A1 a C44
- [24] **Plasser & Theurer**  
Today  
Year 32 issue 95, **2003**, pág. 6
- [25] **Plasser & Theurer**  
Today  
Year 33 issue 96, **2004**, pág 29
- [26] **Plasser & Theurer**  
Today  
Year 34 issue 107, **2005**, págs. 02 a 09

- [27] **Quintas, A . Costa**  
Definição de uma estratégia de Manutenção com vista à melhoria de rendimento global da Empresa  
*in* 10º Congresso Ibero-Americano de Manutenção – Lisboa, Setembro **1998**
- [28] **Rausand, Marvin**  
System Analysis Failure Modes, Effects, and Criticality Analysis  
Department of Production and Quality Engineering Norwegian University of Science and Technology, **2005**
- [29] **Sena, Francisco M. Vicente e Pereira, Filipe J. Didelet**  
Alguns Factores Determinantes na Actual Gestão da Manutenção  
*in* Revista Manutenção Nº 72, 1º Trimestre de **2002**, págs. 4 a 8
- [30] **Silva, Nuno Oliveira, Resende, Paulo e Ferreira, Luís Andrade**  
Aplicação Industrial do RCM: Metodologia e Análise Crítica  
*in* Revista Manutenção Nº 72, 1º Trimestre de **2002**, págs. 10 a 14
- [31] **Sobral, José Augusto**  
Análise “RAMS” de sistemas de combate a incêndio em edifícios públicos  
Tese de Mestrado submetida à FEUP, Porto, **2002**
- [32] **Souris, Jean-Paul**  
La Maintenance, Source de Profits / Manutenção Industrial, Custo ou Benefício ?  
LIDEL – Edições Técnicas Lda, 1992, págs. 32 a 140, ISBN 972-9018-25-1
- [33] **Stamatis, D.H.**  
Failure Mode and Effect Analysis: FMEA from Theory to Execution  
ASQC, Milwaukee, **1995**, ISBN 0-87389-300-X
- [34] **Villar, Pablo Gálvez**  
Downsizing y tercerización en el mantenimiento  
*in* 10º Congresso Ibero-Americano de Manutenção – Lisboa, Setembro **1998**

**SITES CONSULTADOS**

- [35] **Caminhos de Ferro Portugueses**  
<http://www.cp.pt>, 09/2006
- [36] **FMEA and FMECA-An Overview of Basic Concepts**  
<http://www.weibull.com/basics/fmea.htm>, 10/2006
- [37] **FMEA and FMECA - Failure Mode and Effects Analysis**  
<http://www.fmeca.org> , 09/2006
- [38] **FMEA/FMECA Software**  
<http://www.reliasoft.com>, 09/2006
- [39] **Increase profitability – optimisation – FMECA analisys**  
<http://www.echarris.com/wolfson/solutions/fmeca.html>, 10/2006
- [40] **Instant MTBF Predictions for FMECA**  
<http://www.e-reliability.com>, 09/2006
- [41] **Neopul- Sociedade de Estudos e Construções, S.A.**  
<http://www.neopul.pt> , 09/2006
- [42] **Plasser Austria**  
<http://www.plasser.com.au> , 09/2006
- [43] **Plasser & Theurer**  
<http://showroom.creative.co.at>, 09/2006
- [44] **Railinks, track equipment**  
<http://www.railinks.com/eng/track%20equipment-eng.htm>, 09/2006
- [45] **Railway Technology**  
<http://www.railway-technology.com/contractors/track/>, 09/2006
- [46] **Refer- Rede Ferroviária Nacional**  
<http://www.refer.pt> , 09/2006

## DISPOSIÇÃO DAS BOMBAS

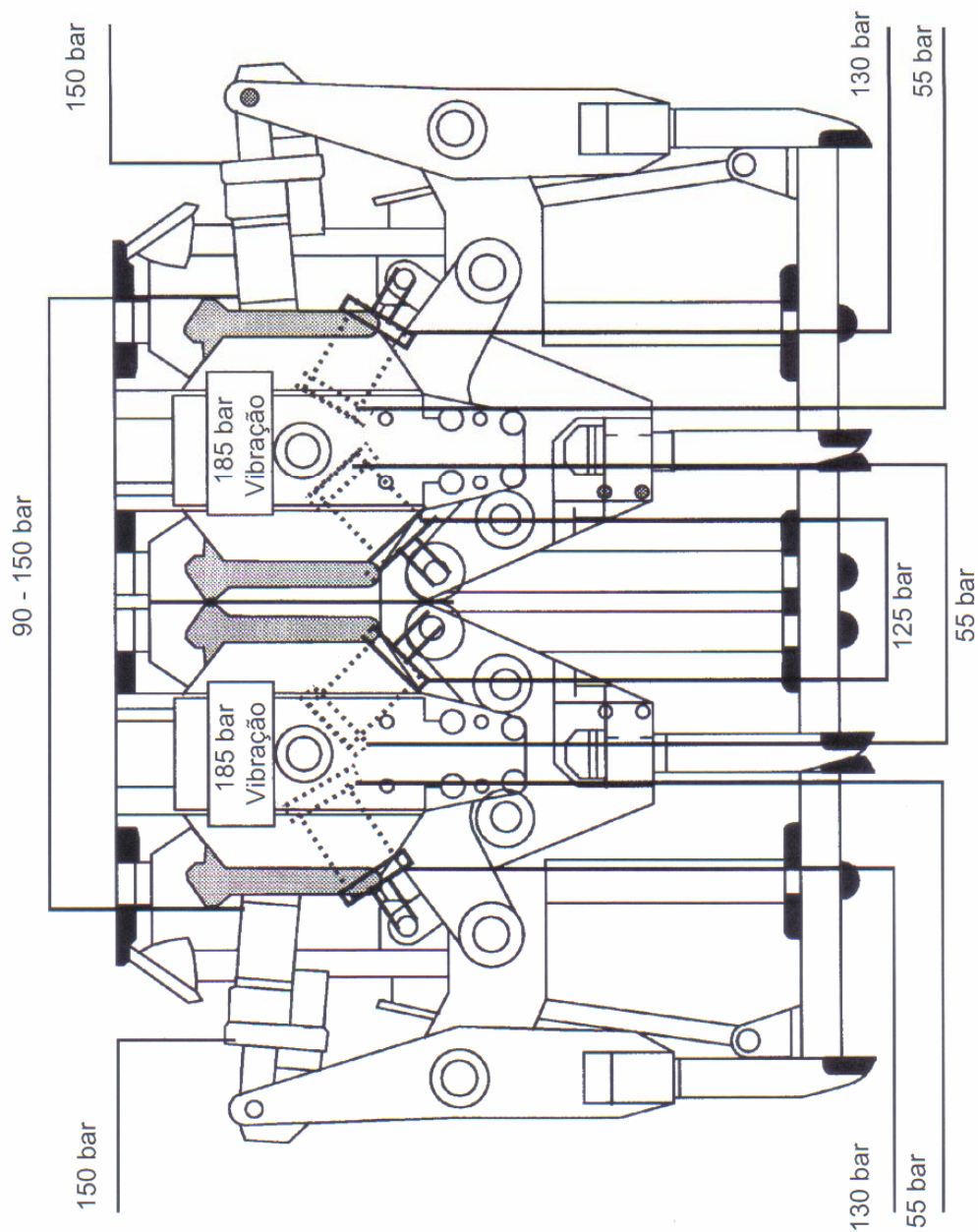


A8

BA 4574

**Plasser & Theurer**  
Export von Bahnbaumaschinen Gesellschaft m.b.H.

## Pressões dos grupos de ataque





## NOTA BIOGRÁFICA DO AUTOR



**Filipe Filipe**

Nascido a 03 de Outubro de 1973, desde cedo mostrou interesse pela Mecanotecnia, tendo ingressado no curso de serralheiro mecânico do I.E.F.P./C.P. com 14 anos e seguido essa opção vocacional no ensino secundário.

Em 1995, ingressou na Escola Superior de Tecnologia de Setúbal (I.P.S.), no Curso de Engenharia de Produção Mecânica, tendo concluído o Bacharelato em 1998.

Nessa mesma Instituição, concluiu em 2001, a Licenciatura em Engenharia Mecânica – Produção.

A sua actividade profissional iniciou-se em 1988 no grupo oficial da C.P. do Barreiro, onde exerceu como aprendiz de serralheiro mecânico actividades relacionadas manutenção de material de tracção(locomotivas). Ainda na C.P., passa aos quadros como oficial serralheiro mecânico em Novembro de 1991, em 1994 com a reestruturação do grupo passa a pertencer aos quadros da E.M.E.F.

Em 1998 e terminado o Bacharelato vai estagiar para a empresa Merloni, na qual fica a trabalhar como engenheiro industrial, onde desempenhou funções de apoio ao sector produtivo, nomeadamente a programação e controlo da produção e implementação de novas linhas de montagem, assim como tarefas para o Departamento de Manutenção. Entre 1999 e 2001 desempenha as funções de Engenheiro de processo na Autoeuropa, na área do Under-Body. De seguida começa a trabalhar na Hironville Portugal como Responsável de Produção. E finalmente desenvolve a sua actividade profissional na Neopul e Somague-Neopul ACE na área da manutenção, incidindo sobre a gestão da manutenção, implementação de soluções informáticas e melhoria do processo.